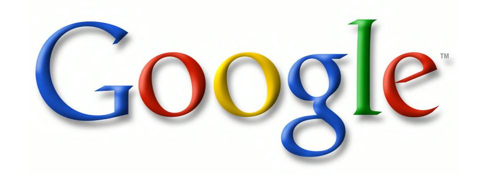
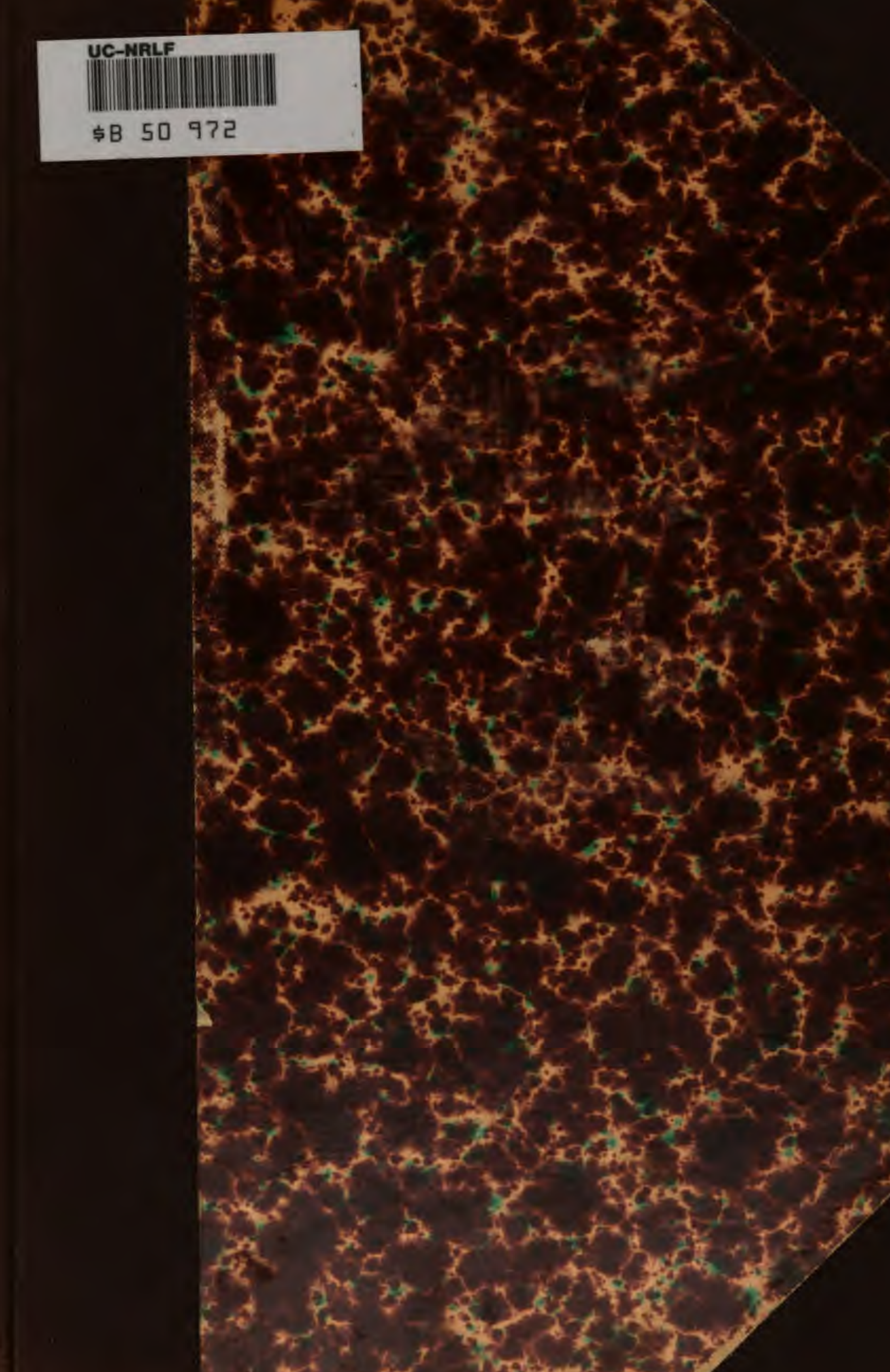
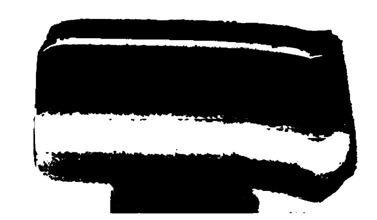
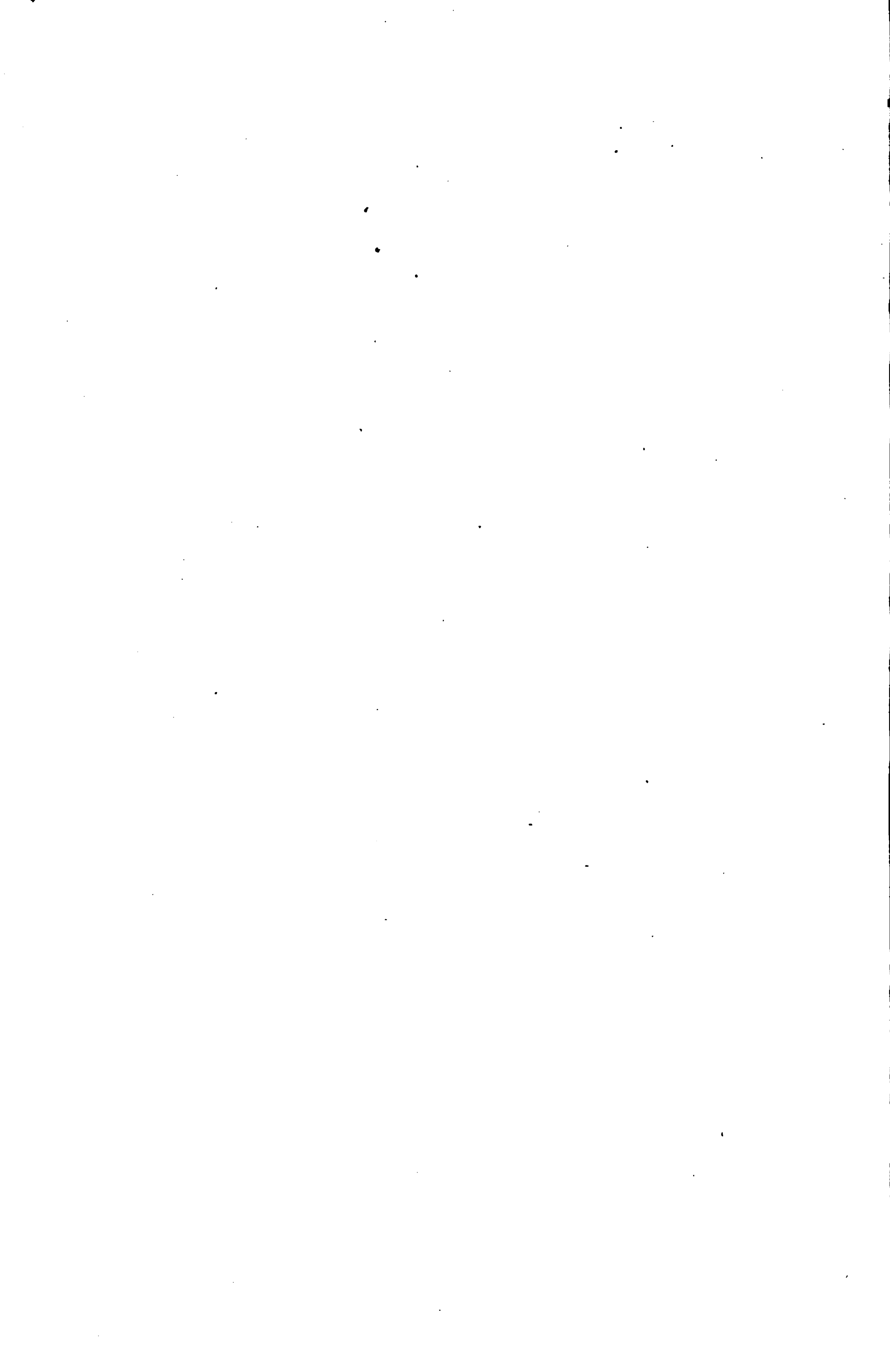



UC-NRLF
$B 50 972





GEOTEKTONISCHE PROBLEME

VON

A. ROTHPLETZ.

MIT 107 FIGUREN UND 10 EINLAGEN.



STUTTGART.

E. SCHWEIZERBART'SCHE VERLAGSHANDLUNG (E. KOCH).

1894.

Druck von Carl Hammer in Stuttgart.

Inhalt.



Einleitung.

Es ist auffallend, mit wie wenigen wirklichen Beobachtungen diejenigen allgemeinen geologischen Theorien aufgestellt worden sind, welche die Grundlage zu dem grossen und erbitterten Streite der Neptunisten und Plutonisten zu Ende des vorigen Jahrhunderts wurden. WERNER und HUTTON, die ersten Parteiführer in diesem wissenschaftlichen Kampfe, entnahmen ihre Waffen fast nur dem kleinen Raume ihres engeren Vaterlandes. Auch das von anderen gesammelte Beobachtungsmaterial war noch so gering, dass es selbst von Laien leicht erfasst und beherrscht werden konnte. Dieses Element nahm infolgedessen an dem Streite der Geologen einen sehr lebhaften Antheil und trug hauptsächlich die Schuld an der bitteren Heftigkeit, mit welcher derselbe zumeist geführt worden ist. Denn bei dem Laien kamen noch ganz andere als die rein geologischen Interessen dabeï ins Spiel. Er war gewöhnt, gewisse, von alters her überlieferte Anschauungen über die Entstehung der Erde mit seinem religiösen Glauben in Verbindung zu bringen, und die Furcht regte sich in ihm, dass durch die neueren, von jenen Ueberlieferungen abweichenden Ergebnisse der geologischen Forschung die Religion gefährdet werden könnte. Wenn sich dieser oft zu fanatischem Widerstand führenden Angst gegenüber Theorien und Hypothesen gleichwohl mit Erfolg behaupten konnten, so lehrt uns dies jedenfalls, wie stark die Beweiskraft der Thatsachen denjenigen erschienen sein muss, die jene Theorien aufgestellt und aufrecht erhalten haben.

Es ist niemals gut, wenn wissenschaftliche Probleme in die Wirren leidenschaftlich erregter Parteiungen gezogen werden; und so sehen wir auch hier diese geologischen Probleme zwar aus einem langjährigen Streite endlich hervorgehen, aber ohne jenen Grad der Förderung erfahren zu haben, den man nach dem Aufwand von Zeit und Kraft hätte erwarten dürfen. Indessen war ein anderer, äusserst wichtiger Erfolg erreicht worden: die Geologie hatte sich das Recht

eigner freier Forschung erkämpft, die bei Beurtheilung der Vergangenheit der Erde allein nur an diejenigen Gesetze gebunden ist, welche auch in der Gegenwart alle natürlichen Vorgänge beherrschen.

Hiermit war endlich der Boden gewonnen, auf dem die Geologie nach langem sanftem Halbschlummer erwachen und sich sofort in einer geradezu erstaunlichen Weise entwickeln konnte. Rasch wurde von allen Seiten ein so grosses Beobachtungsmaterial zusammengetragen, dass es dem Laien, der ehedem ein massgebendes Wort mitzureden gewohnt war, schnell über den Kopf wuchs, und damit schwand aus den geologischen Arbeiten und Büchern immer mehr der dilettantenhafte Zug, welcher für die vorhergehende Periode so charakteristisch gewesen war. Auch die praktischen Erfolge, welche die Geologie nun aufweisen konnte, mussten den Laien überzeugen, dass die neue Richtung keinen falschen Weg eingeschlagen hatte, und die Furcht, dass durch sie die Religion in Gefahr käme, ging an ihrer eigenen Grundlosigkeit langsam zu Grunde. Wenn sie gleichwohl noch jetzt ab und zu auftaucht und in den Köpfen einiger ihr Unwesen treibt, so ist das wohl der Trägheit der Materie zuzuschreiben, die eine einmal vorhandene Bewegung nicht so leicht ganz erlöschen lässt.

Trotz des Abzuges der Laienwelt wuchs die Zahl der Mitarbeiter auf dem geologischen Arbeitsfeld doch täglich; die sichtbar ausgesteckten Ziele und die Möglichkeit, dieselben auf gangbarem und sicherem Wege zu erreichen, lockten viele an, die sich ganz dieser Aufgabe widmeten. Früher hatte man über die Erde und ihre Entstehung speculirt, ohne sich viel um die unserer Beobachtung allein zugängliche Oberfläche der Erde zu kümmern, jetzt drangen Scharen eifriger und enthusiastischer Geologen auch in die entlegensten Länder, um mit dem Hammer in der Hand die Gesteine zu untersuchen, ihr Alter zu bestimmen, ihre Lagerungsverhältnisse festzustellen und ihre Entstehung zu erforschen. In Deutschland empfand man so lebhaft den Unterschied dieser neuen geologischen Beschäftigung von der früheren Speculation, dass man beide ein für allemal ganz voneinander trennen wollte und jene als Geognosie, diese als Geologie bezeichnete. Doch hat sich der erste dieser Namen bei anderen Nationen nicht einbürgern können und ist darum auch in Deutschland jetzt wieder ganz ausser Mode gekommen. Ein wirklicher Unterschied besteht ja eigentlich nicht zwischen beiden, denn auch die Geognosie konnte nicht lange der Speculation entrathen. Je reichhaltiger der Schatz beobachteter Thatsachen wurde, um so mehr machten sich Hypothesen

und Theorien nothwendig, um die Fülle der Einzelheiten unter grossen Gesichtspunkten zusammenzufassen. Ausserdem bringt es der Gegenstand der Geologie selbst mit sich, dass der Hypothese in ihr ein grösserer Spielraum eingeräumt werden muss, als in irgend einer anderen Naturwissenschaft. So wenig unter den Ärzten der Dermatologe bei Hauterkrankungen die etwa tiefer liegende Krankheitsursache ignoriren darf, ebenso wenig kann der Geologe für die Beschaffenheit und Entstehung der obersten Rindentheile der Erde eine richtige Erklärung zu finden hoffen, wenn er dabei die Einwirkungen des Erdinnern auf die oberflächlichen Erdschichten ganz ausser acht lässt. Es ist deshalb Aufgabe der Geologie, festzustellen, wieviel innerhalb der uns bekannten Erdkruste durch auf der Erdoberfläche thätige Kräfte entstanden ist und wieviel in dieser Weise nicht erklärt werden kann, sondern auf tiefer liegende Kräfte hinweist. Die Gegenstände dieser letzteren Abtheilung sind die Folge von uns unbekannten Kräften, die wir aber aus jenen, ihren Wirkungen, zu errathen versuchen müssen, wobei wir natürlich gezwungen sind, zum Mittel der Hypothese zu greifen.

Unzweifelhaft liegt darin eine grosse Gefahr für die ungestörte Fortentwicklung der Geologie. Denn die Hypothese gewinnt leicht auf die Beobachtungsgabe einen schädlichen Einfluss, sie raubt dem forschenden Blick die Unbefangenheit, und wenn die hypothesenbauende Phantasie erst einmal ihre Fesseln abgeworfen hat, dann zieht sie mit koboltartiger Tücke selbst dem nüchternsten Forscher den festen Boden der Thatsachen unter den Füssen weg. Auf Schritt und Tritt liefert uns die Geschichte der Geologie hierfür Belege, und nicht nur einzelne Geologen, sondern ganze Generationen hatten oftmals darunter zu leiden.

Es gibt nur ein Mittel gegen diese Gefahr, das ist die Kritik. Wo immer eine Hypothese aufgestellt oder verfochten wird, muss sie, ohne Ansehen der Person, darauf geprüft werden, ob sie die einschlägigen Thatsachen wirklich erklärt und ob nicht Thatsachen bekannt sind, die ihr widersprechen.

Dies könnte freilich als eine selbstverständliche Forderung erscheinen, die einer besondern Erwähnung nicht mehr bedürfe. Aber so lange derselben thatsächlich nicht in allen Fällen Rechenschaft getragen wird, ist es doch wohl erlaubt und vielleicht auch nützlich, dieselbe in Erinnerung zu bringen. Anderen gegenüber fehlt es allerdings an jener Kritik in der Regel nicht, aber es darf bezweifelt werden, ob sie auch der eigenen Person gegenüber ebenso rasch und entschieden in

die Hand genommen wird. Beruht die sog. Ueberzeugungstreue, mit der so häufig Hypothesen und Theorien vertheidigt und populär gemacht werden, nicht zuweilen auf mangelnder eigner Kritik? Und auch gegen andere Forscher wendet sich so gerne eine Kritik, die nicht die richtige ist, weil sie nicht sowohl die Sache als die Person zu treffen sucht. Hieraus entstehen dann persönliche Anfeindungen, die wissenschaftlich werthlos, ja sogar schädlich sind, und denen es nicht erlaubt sein sollte, sich in wissenschaftlichen Werken breit zu machen.

Aber selbst wenn alle Thatsachen für eine Hypothese sprechen, hat die Kritik noch nicht ganz zu schweigen, sondern die Möglichkeit zu berücksichtigen, dass widersprechende Thatsachen vielleicht erst später bekannt werden könnten, und dass es überhaupt in der Natur der Hypothese liegt, dass sie falsch sein kann trotz der Uebereinstimmung mit den Thatsachen.

Was die Kritik vor allem verlangen und anstreben muss, ist die möglichst scharfe Trennung von Thatsache und Hypothese. Beide gewinnen durch diese Trennung, jene an Klarheit, diese an Bedeutung. Für den Geologen bedeutet diese Scheidung die Unbefangenheit der Beobachtung.

Da aber eine vollkommene derartige Trennung nach der Natur unseres Erkenntnisvermögens nicht durchführbar ist, so sehen wir, dass gerade gegen diese Forderung der Kritik am meisten Verstösse vorkommen. Je entschuldbarer sie aus dem angeführten Grunde sind, desto mehr sollten wir ihnen gegenüber auf unserer Hut sein. Es sei mir deshalb gestattet, auf ein Paar derartiger Fälle aufmerksam zu machen, welche für die Gegenwart eine gewisse Bedeutung besitzen.

1. Beispiel.

Suess hat in seinem „Antlitz der Erde“ den Versuch gemacht, unser gegenwärtiges geologisches Wissen zu einer neuen Theorie der Erde zusammenzufassen. Mit grosser Spannung sieht jeder Geologe der Vollendung dieses Werkes, das sich durch grosse Gelehrsamkeit und tiefe Gedanken auszeichnet, entgegen, und auch die schon veröffentlichten Theile haben trotz des mangelnden Abschlusses des Gesammtbaues schon den allergrössten Einfluss auf unsere geologischen Arbeiten und Anschauungen gewonnen. Zur Erklärung der vulkanischen Erscheinungen und der grossen Dislocationen, welche die Meeresbecken, Festländer und Gebirgsketten erzeugt haben, wird die

Hypothese verwerthet, dass das Erdinnere sich langsam zusammenziehe, so dass die äussere Erdkruste für sie zu weit werde. Aus folgerichtiger Anwendung dieser einen Hypothese ergibt sich, dass die hohlliegende Erdkruste einstürzen muss, wobei sie in einzelne Bruchstücke zerfällt, welche verschieden tief sich senken oder einstürzen und zum Theil durch seitliche Stauung und daraus entstehenden tangentialen Druck sich in Falten legen oder übereinander geschoben werden. Jene Hypothese gestattet nur die Annahme von Senkungen und Faltungen, aber nicht von Hebungen. Wo immer also ältere Rindentheile in Mitten von jüngeren Rindentheilen, höher als diese, in Form von Hochländern oder Gebirgsmassen aufragen, kann dies nicht als Folge einer Hebung derselben, sondern nur einer Senkung der Umgebung, die ursprünglich höher lag, angesehen werden. Solche Gebirge nennt Suess deshalb „Horste". Bekannteste Beispiele sind der Schwarzwald und die Vogesen. Der Name hat Anklang gefunden und wird bereits häufig gebraucht, aber es wird nicht immer klar, ob der betreffende Autor mit dem Gebrauche dieses Wortes auch alle die theoretischen Folgerungen ziehen will, die nun einmal mit dieser Bezeichnung unzertrennlich sind. Wer aber von einem Horst spricht, ist ebenso gebunden wie der, welcher eine Melaphyrlava erwähnt und damit implicite zugibt, dass es auch schon zur palaeozoischen Zeit echte vulkanische Eruptionen auf der Erdoberfläche gegeben hat.

Mit dem Namen Horst ist kein eigentlich tektonischer Begriff verknüpft, er sagt nur aus, dass dieser Theil stehen geblieben — nicht wie seine Umgebung gesunken und auch nicht gehoben worden sei. Aber der geologische Bau eines Horstes kann von der allerverschiedensten Art sein. Er kann aus regelmässig horizontal gelagerten Sedimenten oder nur aus eruptiven Massengesteinen, aus stark gefalteten, zerbrochenen und verworfenen Schichtgesteinen oder einer Vereinigung dieser mit Eruptivgesteinen bestehen. Die Namen Tafel- oder Kettengebirge geben uns sofort eine Vorstellung über den Bau eines Gebirges, auch wenn wir sonst nichts weiter von ihm wissen, während „Horst" uns fast nichts für unsere tektonische Vorstellung gibt. Bei Schilderung neu erforschter Länderstrecken ist dieser Name deshalb besonders zu vermeiden, da in solchen Fällen die Thatsachen, welche der Begriff „Horst" erfordert, in der Regel noch gar nicht festgestellt sind.

2. Beispiel.

Ein Schiefer, der aus lagerförmig angeordneten Krystallen von Hornblende und Feldspath besteht, wird in der Petrographie gewöhnlich kurzweg als Hornblendeschiefer oder, wenn der Feldspathgehalt besonders hervorgehoben werden soll, als feldspathführender Hornblendeschiefer, oder wenn dieser Feldspath vorwiegend triklin ist, wohl auch als Dioritschiefer bezeichnet. Alle diese Namen sagen nicht mehr aus, als was thatsächlich der Fall ist und von jedem beobachtet werden kann. Solche Schiefer bilden sich heutigen Tages aber, wenigstens an der Oberfläche der Erde, nicht mehr, und wir sind betreffs ihrer Entstehung deshalb auf die Hypothese angewiesen. Die Meinungen sind, wie gewöhnlich in solchen Fällen, getheilt. Die einen glauben, das Gestein habe sich ursprünglich so gebildet, wie es jetzt ist, wobei sie verschiedenartige Annahmen über die Umstände machen, unter denen sich Feldspath- und Hornblendekrystalle in lagenweiser Aufeinanderfolge ausscheiden konnten. Andere hingegen halten diese Schiefer für gänzlich umgewandelte Gesteine, die ursprünglich eine sehr verschiedene mineralogische Zusammensetzung besassen, sei es dass sie sich als gewöhnliche Sedimente niederschlugen, wie solche noch heute auf dem Grunde unserer Meere entstehen, sei es dass sie sich nach Art unserer massigen Erstarrungsgesteine bildeten. In diesem Falle nennt man sie je nachdem metamorphe Schiefer oder Diabase. Da es aber weder im allgemeinen, noch auch für einzelne Fälle bisher gelungen ist, die eine oder andere Hypothese zu allgemeiner Geltung zu bringen, oder, was dasselbe wäre, die Entstehungsart der Hornblendeschiefer thatsächlich zu beobachten, so bleibt es ein selbstverständliches Gebot der Kritik, alle Namen zurückzuweisen, die nur eine hypothetische Bedeutung haben, und bloss diejenigen gelten zu lassen, welche, keine Hypothese ausschliessend, nur allseits anerkannte Thatsachen zum Ausdruck bringen. Diese Thatsachen aber sind die heutige mineralogische Zusammensetzung der Schiefer, und darum wird der Name Hornblendeschiefer auch vorerst nicht verdrängt werden können.

Auch der Gegenstand der nachfolgenden Untersuchungen gehört zu denjenigen, bei welchen eine scharfe Trennung zwischen thatsächlich Beobachtetem und nur Hypothetischem ganz besonders erfordert wird. Es sollen die auf Bruchflächen erfolgten Verschiebungen ein-

zelner Gebirgstheile in den Kettengebirgen kritisch untersucht werden, um festzustellen, was an denselben als thatsächlich feststehend, was nur als hypothetisch vermuthet zu gelten hat. Wir wollen die Beobachtung bis an ihre äusserste Grenze verfolgen, um zu sehen, wo die Forschung beginnt aus dem Gebiet der exacten Beobachtung in das der Hypothese überzugehen.

Wenn ich mich dabei vorwiegend mit solchen Fällen beschäftigen werde, die zu den sog. Überschiebungen gehören, so hat dies seinen Grund darin, dass gerade diese am spätesten in ihrer allgemeinen Verbreitung und grossen tektonischen Wichtigkeit erkannt worden sind. Man hat sie lange verkannt oder als Begleiterscheinungen anderen tektonischen Vorgängen unterordnen wollen, endlich denselben sogar eine Deutung verliehen, welche sich, wie ich zu zeigen versuchen werde, nicht exact begründen lässt, sondern bereits in das Gebiet der Hypothese gehört und auch dort nicht recht haltbar erscheint. Zumeist werde ich nur solche Fälle in Betracht ziehen, die ich aus eigner Anschauung kenne, da es gerade bei der Aufgabe, die ich mir gestellt habe, darauf ankommt, zu wissen, wieviel im einzelnen Fall durch Beobachtung bewiesen, wieviel nur durch Vermuthung erschlossen ist. Doch glaubte ich einige Vorkommnisse, die ich nicht selbst untersucht habe, gleichwohl in die Besprechung mit einziehen zu müssen, da sie ganz besonders lehrreich sind und zuverlässige Arbeiten darüber vorliegen.

Die Thatsachen, die ich vorbringen werde, sind theils von mir, theils von anderen beobachtet worden. Sie entziehen sich also einer erneuten Controlle nicht und können jederzeit, wenn sie anders sind, richtig gestellt werden. Auch meine Schlussfolgerungen, die sich indessen nicht weiter von den Thatsachen zu entfernen bestreben, als dies möglich ist, ohne letztere aus dem Auge zu verlieren, können geprüft und, wo sie unbegründet sind, berichtigt werden. Übel bestellt würde ich meine Sache halten, wenn sie die Kritik nicht dulden und den Widerspruch nicht ertragen könnte. Sind doch diese beiden die notwendige Ergänzung menschlicher Beschränktheit, ohne die der Fortschritt in der Wissenschaft erlahmen würde.

Nur um die „Kläffer“ kann ich mich nicht kümmern, sie müssen sich mit dem Spruche Goethes begnügen:

> So will der Spitz aus unserem Stall
> Uns immerfort begleiten,
> Und seines Bellens lauter Schall
> Beweist nur, dass wir reiten.

I. Die Grabenbrüche des Linththales.

In diesem Abschnitt soll zunächst gezeigt werden, dass das Linththal im Canton Glarus zwischen Stachelberg und Glarus von Parallel-Verwerfungen beiderseits begleitet wird, zwischen welchen ein breiter Streifen des Gebirges grabenartig in die Tiefe gesunken ist, und dass dieses Thal in erster Linie eben diesen Einbrüchen seine Entstehung verdankt.

Da wir ganz dieselben tektonischen Erscheinungen bereits in grosser Menge sowohl aus den Alpen selbst als auch aus vielen anderen Kettengebirgen kennen, so drängt sich dem Leser vielleicht unwillkürlich die Frage auf, warum bei Erörterung eines allgemeinen Problemes gerade auf die Feststellung dieses einzelnen Falles ein so besonderes Gewicht gelegt werden soll. Es sei deshalb gestattet, vorerst die Bedeutung hervorzuheben, die dem sicheren Nachweise der erwähnten Verwerfungen zukommt.

Die Glarner Alpen haben durch Escher's langjährige Erforschungen und Heim's darauf gegründete Theorien einen Weltruf erlangt. Für eine allgemeine Untersuchung der Grenzen zwischen Theorie und Beobachtung erscheint diese Gegend deshalb schon als ganz besonders geeignet, sie wird es aber in noch viel höherem Grade, weil wir hier einen derjenigen Fälle vor uns haben, wo, wie in der Einleitung bemerkt wurde, die hypothesenbauende Phantasie die Fesseln, die nüchterne Forschung ihr angelegt hatte, abgeworfen und die Thatsachen, die sie für die Theorie braucht, wenigstens theilweise sich construirt hat. Die Theorie selbst lautet[1]: „In einer gewissen Tiefe unter der Erdoberfläche sind die Gesteine weit über ihre Festigkeit hinaus belastet. Dieser Druck pflanzt sich nach allen Richtungen fort, so dass ein allgemeiner, dem hydrostatischen Druck entsprechender Gebirgsdruck allseitig auf die Gesteinstheilchen einwirkt. Dadurch sind dort die sprödesten Gesteine in einen latent plastischen Zustand versetzt. Tritt eine Gleichgewichtsstörung durch eine neue Kraft — den ge-

[1] A. Heim, Mechanismus der Gebirgsbildung. Theil II, S. 92—97. 1878.

birgsbildenden Horizontalschub — hinzu, so tritt die mechanische Umformung in dieser Tiefe ohne Bruch, in zu geringen Tiefen bei den spröderen Materialien mit Bruch ein."

Die construirten Thatsachen sind folgende: 1. „Alle Biegungen, alle Umformungen, die für unsere Beobachtung zugänglich sind, haben sich unter einer enormen Belastungsdecke gebildet, die jetzt verschwunden ist." Die Mächtigkeit derselben wird für die östlichen schweizerischen Centralalpen auf 1000—2000 Meter berechnet. 2. „Es herrscht in den geologisch höheren Schichten die Umformung mit Bruch vor, in den tieferen wird die Umformung ohne Bruch immer häufiger." 3. „Ganzes Zerbrechen oder Abbrechen grosser Schichtenkomplexe ist sehr selten. Wir können monatelang nach grösseren echten Spaltenverwerfungen suchen, ohne solche zu finden. Die Sprungweite derjenigen, die man findet, beträgt meistens nur wenige Meter und sie setzen nicht tief hinein. 4. Sichere reine Verwerfungen, welche kettenbildend wären, habe ich in dem mir genauer bekannten Theil der Alpen, den östlichen Schweizeralpen, noch gar keine gesehen." „Es soll damit nicht behauptet sein, dass grosse Verwerfungen in den Alpen gar nicht vorkommen, wohl aber, dass sie zu den seltenen ausnahmsweisen Erscheinungen gehören. Sollten nun, wenn echte Verwerfungen in den Alpen doch häufig wären, dieselben stets so sehr verborgen sein? 5. Ist es nicht viel natürlicher, in zweifelhaften Fällen zunächst an Biegungen zu denken, da man solche klar blossgelegt zu hunderten beobachten kann, Verwerfungen aber in den Centralalpen nur ausserordentlich selten sind?"

Ich habe diese Thatsachen als construirte bezeichnet, weil sie nicht durch einfache Beobachtung gewonnen worden sind, sondern bereits eine theoretische Ausprägung erfahren haben. So ist bei Satz 1 eine enorme, aber jetzt verschwundene Belastungsdecke angenommen, die natürlich nicht beobachtet ist und deren Mächtigkeit auf Grund der hypothetischen, aber, wie jetzt keinem Zweifel mehr unterliegen kann, unrichtigen Annahme, dass alle Sedimente in diesem Theile der Alpen gleichmässig und conform zur Ablagerung gekommen seien, berechnet wurde.

Satz 2 ist durch die Beobachtung grosser Dislocationsspalten widerlegt, welche so weit in die tieferen Schichten herabreichen, als dieselben überhaupt unserer Beobachtung zugänglich sind. Ich habe dieselben theils schon früher beschrieben [1], theils sollen sie in diesem

[1] Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen. 1894. Anhang.

und dem nächsten Capitel noch näher geschildert werden, wodurch zugleich auch Satz 3 und 4 als unzutreffend erwiesen werden. Denn die vorhandenen echten Spaltenverwerfungen haben nicht nur wenige Meter weite Sprunghöhen, sondern es handelt sich dabei zum Theil um Verschiebungen, die nach hunderten von Metern zählen. Durch sie werden die Furchen breiter Thäler und die Richtung hoher Bergzüge unmittelbar bestimmt.

Die theoretische Bedeutung, welche der Nachweis eines grabenartigen Einbruches im Linththal hat, ist hiermit festgestellt, und ich beginne nun mit dem Nachweise selbst.

Früher schon habe ich gezeigt, dass der Jurakalk und die ihn tragende Überschiebungsfläche auf der rechten Thalseite eine erheblich höhere Lage als auf der linken Seite des Linththales hat[1]. Ich schloss hieraus und aus den Lagerungsverhältnissen des tithonischen Kalkes bei Schwanden auf eine Verwerfung, die auf der rechten Seite das Thal herabstreiche. Sie selbst war nirgends zu sehen, weil gerade an den entscheidenden Stellen Schutt und Wiesenboden liegt. Aber wohl jeder, der die Erscheinungsformen der Verwerfungen aus langjähriger Praxis kennt, wird sich hier zur Annahme einer solchen gezwungen fühlen. Für eine Parallel-Verwerfung auf der linken Thalseite hatte ich nur Vermuthungen, die sich aber durch Untersuchungen im vorigen Sommer sicher begründen liessen. Hier fand ich auch eine Stelle, wo die Verwerfungsspalte selbst aufgeschlossen ist, so dass dieser Handgreiflichkeit gegenüber selbst der ärgste Skeptiker verstummen muss.

Da Blatt XIV der schweizerischen Karte (1 : 100 000), geologisch aufgenommen von A. Heim, die einschlägigen Verhältnisse nicht überall richtig darstellt, so will ich zunächst eine Beschreibung des linken Thalgehänges geben, wie ich dasselbe kennen gelernt habe.

Nirgends an dem ganzen Gehänge zwischen Stachelberg und Schwanden tritt anstehender Felsen bis an den breiten, horizontalen Boden des Thales heran. Derselbe wird vielmehr von mächtigen Schutthalden umgrenzt, die an die Thalseiten angelagert sind und mehr oder minder hoch an denselben heraufreichen. Zwischen Schwandau und Luchsingen ragt über diesen sanft geböschten und von Wald oder Wiese bedeckten Halden eine felsige Mauer von Jurakalk auf, die nur an wenigen Stellen, z. B. da wo der Weg zur Oberblegialp von Nitfurn heraufführt, von obenher durch Ueberschüttung zugedeckt ist. Der Fuss dieser zumeist 200 Meter hohen

[1] l. c. S. 254, Fig. 113.



[1] Ich nenne so den zweiten Bach südlich des Leuggelbaches, den ersten Vorbach, nach den auf der Karte so benannten Häusern neben diesen Bächen.

[2] Siehe Taf. II in meinem Querschnitt der Alpen. 1894.

[1] l. c. S. 254, Fig. 113.

Mauer liegt in Höhen von 150 bis 250 m über der Thalsohle. Wasserfälle rauschen über diese Mauer herab, die fast überall unersteigbar ist. Sie besteht ausschliesslich aus Jurakalk in gewöhnlich söhliger Lagerung, an Versteinerungen ist derselbe arm, doch zeigt er die typische Entwicklung des Hochgebirgskalkes. Wo der Wasserfall des Vorbaches auf diesen Kalk aufschlägt, sind wenig mächtige, schwarze Kalkschiefer, dunkle und teilweise eisenhaltige Crinoideenkalke, sowie grüne und rote Eisenoolithbänke mit stark berippten Rhynchonellen (also Doggerschichten), dem Hochgebirgskalk in ebenfalls söhliger Stellung eingelagert. Auf der Höhe der Mauer am Tschingelbach[1] hingegen ist ein Lager von nummulitenführendem Kalkstein dem Hochgebirgskalk eingeschaltet (s. Fig. 1 I und II auf Einlage I).

Diese merkwürdigen und bisher unbekannt gebliebenen Einlagerungen, die sich auch weiter thalaufwärts noch wiederholen, lassen sich ungezwungen aus der Annahme eines liegenden Faltensystemes erklären, wie dasselbe auf der anderen Thalseite in so vorzüglicher Weise am Saasberg[2] aufgeschlossen ist.

Auf Blatt XIV ist diese ganze Juramauer, mit Ausnahme einer kleinen Stelle bei Nitfurn, als Flysch eingetragen, obwohl die kurze Strecke auf dem nördlich anstossenden und von Mösch aufgenommenen Blatt IX richtig als Jura bezeichnet worden war.

Diese Juramauer lässt sich mit nur wenigen Unterbrechungen über den Luchsinger Bach hinüber bis oberhalb Stachelberg verfolgen und besteht auch da aus typischem Hochgebirgskalk, in den am Schwendiberg wiederum belemnitenführende Doggerschichten eingelagert sind. Letztere kommen wohl noch häufiger darin vor, aber sie entziehen sich leicht an den Steilwänden der Beobachtung. Doch gewahrt man auch an diesen, wie die horizontalen Schichten sich an vielen Stellen zu liegenden Falten umbiegen, die wahrscheinlich wie diejenigen am Saasberge nach NW geöffnet sind.

Zwischen Luchsingen und Stachelberg hebt sich diese Jurawand höher am Gehänge herauf, so dass ihre Basis schliesslich bis über 400 m über die Thalsohle zu liegen kommt und der darunterliegende Sockel von Flyschschiefern ebenfalls zu tage tritt. Bei Eschen und am Schwendiberg springen diese Schiefer sogar eine Strecke weit ins Thal vor und bilden eine besondere Steilwand unter der Juramauer.

---

[1] Ich nenne so den zweiten Bach südlich des Leuggelbaches, den ersten Vorbach, nach den auf der Karte so benannten Häusern neben diesen Bächen.

[2] Siehe Taf. II in meinem Querschnitt der Alpen. 1894.

Der Zillibach bei Stachelberg hat sich tief in diesen Flysch eingeschnitten und auch der Luchsinger Bach hat ihn eine Strecke weit gut aufgeschlossen, so dass man sich an diesen Stellen leicht davon überzeugen kann, dass der Jurakalk wirklich über dem Flysch liegt, der letztere nicht etwa bloss angelagert ist. Im Luchsinger Thal entspringt gerade auf der Überlagerungsfläche eine kleine Schwefelquelle und man hat ihr zulieb einen 4 m langen Stollen in das linke Gehänge getrieben (Fig. 2). Man sieht in demselben, wie der liegende

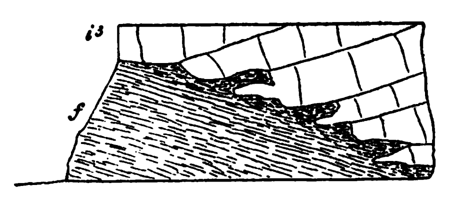


Fig. 2. Stollenwand bei der Luchsinger Schwefelquelle. Im Dach der stark brecciöse Malmkalk (i^3), darunter Flysch (*f*), der nahe dem Contact stark zerknittert und zungenförmig in den Kalk hereingepresst ist. 1 : 100.

Schiefer unregelmässig zungenförmig in die Kalkdecke gepresst und dabei ganz zerknittert worden ist. Auch der Kalkstein ist stark brecciös geworden.

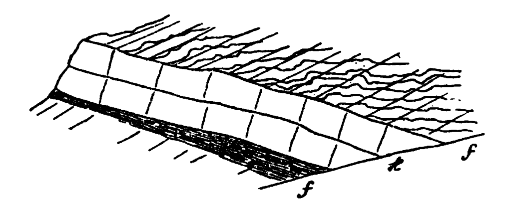


Fig. 3. Bank von Lochseitenkalk (*x*) in Mitten des Flyschschiefers (*f*) bei der Schwefelquelle von Stachelberg. 1 : 600.

Die Aufschlüsse am Zillibach sind deshalb besonders wertvoll, weil sie uns mitten im Flysch eine ungefähr 6 m mächtige Bank von geflammtem Lochseitenkalk zeigen, die discordant von dem Flysch unter- und überlagert wird und selbst unter 25° nach Norden einfällt (Fig. 3). Der Stollen, in welchem die Stachelberger Schwefelquellen gefasst sind, sitzt gerade auf dieser Kalkbank auf.

Erst erheblich weiter oben am Gehänge stellt sich die Juradecke ein, in welche das neue Reservoir eingesprengt ist. Doch zeigt auch dieser Kalkstein dicht über dem Flysch Umwandlung zu Loch-

seitenkalk und der Flysch dringt zungenförmig in denselben ein, ganz so wie wir es bei Luchsingen kennen gelernt haben.

Aus alledem geht hervor, dass die linke Thalseite des Linththales gerade so wie die rechte Seite zu unterst aus Flyschgesteinen aufgebaut ist, wenn schon dieselben von Luchsingen an thalabwärts durch Gehängeschutt ganz verhüllt sind. Während aber auf der rechten Seite dieser Flysch zumeist unmittelbar von Sernifit und nur am Saasberg von Jurakalk mit eingefaltetem Eocän bedeckt wird, liegt auf der linken Seite kein Sernifit, sondern nur Jurakalk mit eingefaltetem Eocän über dem Flysch. Die Tektonik dieser Decke ist auf beiden Seiten anscheinend eine gleiche, und ebenso muss ihre Auflagerungsfläche auf dem Flysch, die von starken mechanischen und chemischen Störungen begleitet ist, beiderseits als Ueberschiebungsfläche gelten.

Die steilere Ueberschiebungsfläche im Flysch bei der Stachelberger Schwefelquelle, welche durch die 25 ° N. fallende Lochseitenkalkbank angedeutet ist, wird weiter oben von der grossen und sehr flach fallenden Ueberschiebung jedenfalls abgeschnitten (Fig. 5) und entspricht in dieser Auffassung einem minor-thrust der schottischen Geologen.

Der Ausstrich der Hauptüberschiebungsfläche senkt sich auf der linken Thalseite in der Richtung des Thales schneller als dessen Boden. Oberhalb Stachelberg liegt er 500 m, bei Stachelberg selbst 400, bei Luchsingen nur noch 200 m über der Thalsohle und muss bei gleicher Neigung in der Nähe von Schwanden den Thalboden berühren und dann unter denselben einschiessen. In der That sehen wir, dass die Felshügel, die gleich unterhalb Schwanden aus dem Thalboden aufsteigen, nicht mehr aus Flysch, sondern nur noch aus Jurakalk bestehen.

Dieser Kalkstein wird auf dem linken Linthufer an der Glarner Strasse zum Kalkbrennen gebrochen, auf dem rechten Ufer steht er am Gehänge des Soolhügels überall zu tage an, so dass er eine über 1 Kilometer lange, zusammenhängende Felsmasse zwischen dem Bahnhof Schwanden und Ennetlinth bildet. Obenauf liegt mächtige Moräne, so dass er nach Osten ganz verdeckt und bereits in der Ortschaft Sool nicht mehr sichtbar ist. Die östlich davon ansteigenden höheren Berggehänge werden bereits von Sernifit aufgebaut, der die nördliche Fortsetzung der gewaltigen, nach Süden über den Flysch geschobenen Sernifitmassen des Kärpfgebietes bildet.

Thalauswärts sieht man an der Linth bei Bühlen noch Kalkfelsen aufragen, die ich auf keiner geologischen Karte eingetragen finde, die aber wahrscheinlich noch zum Soolkalk gehören.

Mösch[1] hat diesen Sool-Kalk ins Untertithon gestellt und fand „nördlich von Schwanden im Anstehenden“ *Pecten* cf. *globosus*, *Diceras Luci* Fav. *Actaeonella* sp., Nerineen und Itieriareste. Diese Altersbestimmung kann ich auf Grund eigener Petrefaktenfunde vollkommen bestätigen. Am Westgehänge des Soolhügels mitten zwischen Ennetlinth und Schwanden fand ich zwei Exemplare von *Diceras Luci*, von denen eines eine zuverlässige Artbestimmung gestattet. Damit zusammen kommen Korallen (zumeist Thecosmilien) nicht allzu selten vor. In dem Steinbruch auf der Südseite des Hügels sind Korallen und Milleporiden-Reste sehr häufig und zugleich zeigt hier der Kalk jene eigenthümliche brecciöse Structur, welche der Korallenfacies so oft eignet und die ich in fast ganz derselben Ausbildung vor 3 Jahren an der Toma Petrusa unterhalb Reichenau aufgefunden habe. Hier wie dort sind es dieselben Milleporidenformen, welche für das Gestein so charakteristisch sind. Uebrigens ist diese koralligene Breccienstructur nur stellenweise vorhanden und es kann keine Rede davon sein, dass der ganze Soolkalk eine Breccie sei. In dem Kalk an der Glarner Strasse kommen recht schön erhaltene Kalkschwämme vor, die aber erst specifisch bestimmt werden können, wenn die herrlichen Schwämme des Stramberger Tithons, denen sie sehr ähnlich sind, beschrieben sein werden. Man kann eine Reihe von verschiedenen Gesteinsvarietäten in diesen Kalkhügeln unterscheiden: den brecciösen Korallenkalk, einen hellgrauen bis weissen, dickbankigen, feinkörnigen Kalk, grauen Kalk mit grossen schwarzen Hornsteinknollen und schwarzen engklüftigen Kalkschiefer. Da auch die hornsteinführenden Kalksteine innerhalb des Hochgebirgskalkes gerade in den höheren, tithonischen Horizonten sich einzustellen pflegen, so halte ich es für sehr wahrscheinlich, dass der ganze Soolkalk ebenfalls in dieses Niveau gehört.

Das Verhältnis des Soolkalkes zu dem östlich anstossenden Gebirge stellt Figur 4 dar. Wir ersehen daraus, dass das Tithon sowohl ins Niveau der oberen Flyschmassen als auch in das des unteren Sernifites fällt, und gerade in der Verlängerung des 2—5 dm. starken dünnen Kalkbänkchens an der Lochseite liegt. Wer in letzterem die zu einem dünnen Häutchen ausgewalzte Juraformation sehen will, muss sich doch wohl wundern in nächster Nähe desselben das Tithon mit zahlreichen und gar nicht deformirten Petrefacten und in einer Mächtigkeit von über 100 Meter erhalten zu sehen. Die zwei Er-

[1] Beiträge z. geol. Karte der Schweiz. Lief. 14. 1881. S. 239.

Erklärungsversuche, welche HEIM[1] seiner Zeit für diesen seiner Auswalzungstheorie sehr hinderlichen Fall gegeben hat, sind durch die Thatsachen längst überholt und bedürfen keiner weiteren Widerlegung. Wenn man hingegen in Betracht zieht, dass der Soolkalk höchst wahrscheinlich auf Flysch ruht und die Contactlinie entsprechend in unser Profil einzeichnet, dann tritt die Wahrscheinlichkeit sofort hervor, dass dieser Kalk tektonisch ein Aequivalent des östlichen Sernifites und wie dieser über den Flysch herauf geschoben ist, dass er aber mit der Ueberschiebungsfläche selbst in Folge einer später eingetretenen Querverwerfung in ein tieferes Niveau herabgesunken ist. Gerade unter dem Dorfe Sool also wird wahrscheinlich eine nord-südliche Verwerfungsspalte hindurchlaufen, die aber von den mächtigen Mo-

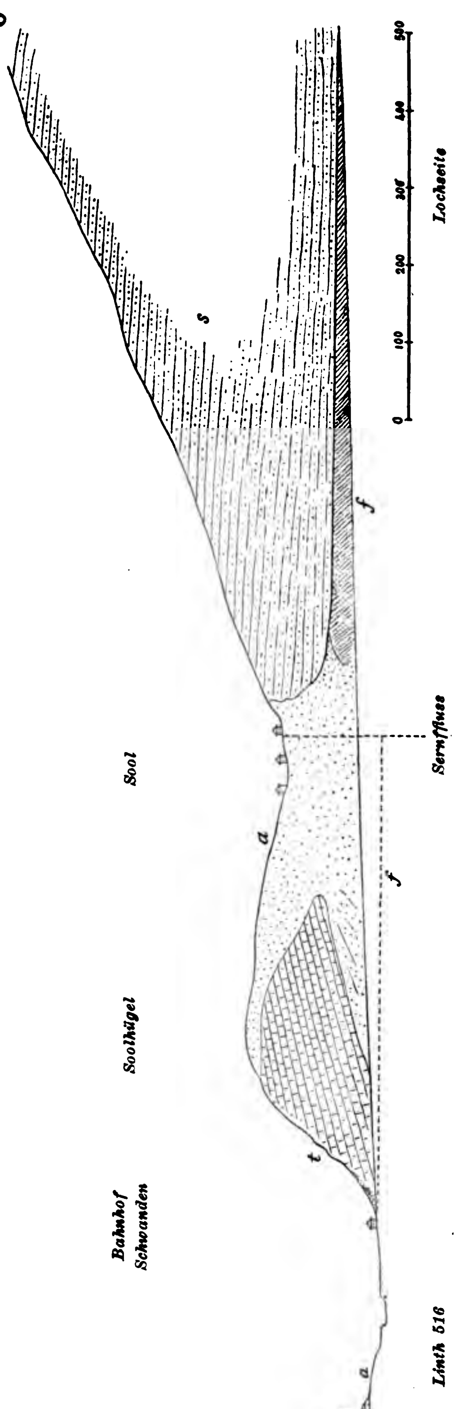


Fig. 4. Querprofil durch die rechte Seite des Linththales bei Schwanden. Rechts sieht man den Flysch (*f*) von Sernifit (*s*) überlagert. Die Dicke der Trennungslinie gibt die Mächtigkeit des Lochseitenkalkes ungefähr an. Links liegt der tithonische Kalk (*t*) wahrscheinlich ebenfalls über Flysch; die Grenze gegen den Sernifit ist von Schutt und Moränen (*a*) bedeckt. 1 : 10,000.

[1] Mechanismus der Gebirgsbildung I. Theil S. 153. 1878.

ränen und Schuttmassen unglücklicherweise ganz verdeckt worden ist. Danach würde man in Schwanden mit einer Bohrung wahrscheinlich sehr bald den Flysch erreichen, der dort nur ungefähr 100 Meter tiefer als an der Lochseite liegen dürfte. Es möchte also die saigere Sprunghöhe der Verwerfung von Sool nur etwa 100 Meter betragen. Unter diesen Umständen könnte es vielleicht auffallen, dass gleichwohl der Sernifit, welcher im Osten der Verwerfungsspalte ungeheuer mächtige Bergmassen fast allein aufbaut (s. Einlage II) im Westen plötzlich ganz und gar fehlt. Es wird dies jedoch leicht erklärlich, wenn wir bedenken, dass auch zwischen dem Hahnenkamm und Saasberg der Wechsel zwischen Sernifit und Jurakalk auf der Ueberschiebungsfläche sehr rasch erfolgt, trotzdem dort das Gebirge vollkommene Continuität aufweist. Ueberhaupt nimmt der Sernifit gegen Westen rasch ab und tritt nur noch stellenweise und in geringen Mächtigkeiten links des Linththales auf. Nimmt man dann noch hinzu, dass die eben beschriebene Verwerfung bei Sool neben der saigeren auch eine söhlige Sprungweite besitzt oder mit anderen Worten, dass die Tithonkalke des Soolhügels nicht nur um 100 Meter in die Tiefe gesunken, sondern wahrscheinlich auch um eine gute Strecke nach Norden vorgeschoben worden sind, so ergibt sich jener auffallende Wechsel als etwas beinahe selbstverständliches. Es wird dann aber auch die Soolverwerfung dieselbe sein, welche weiter

Fig. 5. Darstellung der Neigung des Thalbodens ($a = 47'$) und des Ausstriches der Ueberschiebungsflächen zur linken ($b = 3^0$) und rechten ($c = 8^0$) Seite des Linththales zwischen Stachelberg und Schwanden, sowie der Stachelbergquellen-Ueberschiebung ($d = 13^0$). 1 : 67,000.

im Süden zwischen Saasberg und Linththal angenommen werden muss, um die starke Niveaudifferenz der Ueberschiebungsfläche dort zu erklären.

Auch Heim war diese Differenz schon aufgefallen [1] und er erklärte sie sich aus einer Veränderung, die der Mittelschenkel der Nordfalte (also unsere Ueberschiebungsfläche) im Streichen erlitten habe. Derselbe habe im Osten eine ostwestliche Richtung, die sich aber schon im Kärpfgebiete in eine ostnordöstliche, zwischen Linththal und Schwanden in eine nordöstliche umdrehe. Hierdurch werde bewirkt, dass derselbe sich so rasch von den Höhen der rechten in die Niederungen der linken Thalseite herabsenke. Die ostnordöstliche Streichrichtung im Kärpfgebiet ist nun allerdings eine Thatsache, aber nicht die nordöstliche zwischen Linththal und Schwanden. Die Ausstrichlinie in Fig. 5 verläuft ziemlich genau von SW nach NO, hat aber eine Neigung von 3° und zeigt somit nicht ein nordöstliches, sondern ein mehr westöstlich gedrehtes Streichen an. Berechnen wir mit Zugrundelegung eines gleichen Fallwinkels von etwa 11° die Streichrichtung der Ueberschiebung für die beiden Ausstrichlinien *b* und *c* in Fig. 5, so erhalten wir jedesmal eine ostnordöstliche Richtung, was also gegen die Heim'sche Annahme einer Umdrehung spricht. Da man ausserdem nirgends eine Andeutung dieser Drehung gewahrt, bei Sool vielmehr alles (s. Fig. 4) gegen eine solche zu sprechen scheint, so darf man wohl die Frage aufwerfen, auf Grund welcher Wahrscheinlichkeiten man dieselbe denn überhaupt vermuthen soll? Ich sehe keine einzige, hingegen wachsen die Gegengründe in immer grösserer Anzahl aus dem Boden, je weiter man Umschau hält. Wie z. B. liesse sich das Vorkommen von Flysch zu beiden Seiten von Glarus am Fusse des Schild und Glärnisch erklären, wenn der darüberliegende Mittelschenkel, der bei Schwanden ausstreicht, wirklich nach NW einfiele? Wir müssten ja alsdann bei Glarus schon ganz im Nordschenkel stecken, während der Flysch doch dem Südschenkel angehört. Ich kann nur einen Grund ausfindig machen, der zur Annahme einer Drehung des Streichens Veranlassung gegeben hat, nemlich die Abneigung vor Verwerfungen. Wer dieselbe aber nicht theilt, für den existirt dieser Grund natürlich auch nicht.

Immerhin muss man zugeben, dass diese Verwerfung insofern noch etwas hypothetisch ist, als sie nicht selbst beobachtet, sondern

[1] l. c. S. 150 und 168.

nur aus ihren tektonischen Begleiterscheinungen erschlossen ist. Besseren Erfolg für die Beobachtung verspricht ihre nördliche Fortsetzung. Auf der rechten Thalseite zwischen Schild und Glarus kenne ich drei sichtbare Querverwerfungen, von denen eine wahrscheinlich jene Fortsetzung darstellt. Der Zusammenhang kann aber nur durch eine genaue kartographische Aufnahme festgestellt werden, da Blatt IX hier vollständig ungenügend ist. Meine eigenen Untersuchungen sind aber noch nicht weit genug gefördert, um schon jetzt näher darauf eingehen zu können.

Wenden wir uns nun von Neuem der linken Thalseite zu, so ist es zunächst unsere Aufgabe, die Beziehungen festzustellen, welche die bereits beschriebene Juramauer zu dem westlichen Gebirge des Glärnisch, Faulen und Ortstock hat. Fast überall, wo wir auf die Krönung jener Mauer steigen, treffen wir ein sanft geböschtes Gelände von Wiesen und Wald, mit einzelnen Häusern, besiedelt an. Der Boden desselben besteht aus mächtigen Moränen, die den felsigen Untergrund meist ganz verdecken. Beginnen wir wieder am Nordende bei Riedberg oberhalb Schwanden, so sehen wir auf diesem terrassenförmigen Gelände nichts als Moräne und grosse Blöcke, die von den höher gelegenen Sernifit-Wänden des Guppen abgestürzt sind. Mösch zeichnet auf Blatt IX Flysch als anstehend ein, ich habe aber keine Spur davon entdecken können. Heim gibt auf Blatt XIV dort gerade umgekehrt Jurakalk an und lässt die östliche Jurasteilwand aus Flysch bestehen.

Wer an dem Princip festhält, dass auf geologischen Specialkarten nur das wirklich Anstehende oder durch Verwitterungsproducte und künstliche Aufschlüsse Nachgewiesene einzutragen sei, der kann hier nur zu oberst die Sernifitwände, zu unterst die Jurawände, dazwischen eine etwa 400 Meter breite Zone von Moränen und Schuttmassen verzeichnen.

Erst weiter südlich, wo der Fussweg von Nidfurn nach Oberblegi heraufführt, stellt sich wirklich Flysch zwischen Jura und Sernifit ein, so dass man von unten am Gebirge heraufsteigend der Reihe nach Jura, Flysch und Sernifit antrifft. Auch hier hat Heim Flysch und Jura gerade miteinander verwechselt, so dass er Flysch, Jura und Sernifit erhält, also alles in umgekehrter Reihenfolge, so wie es sich für seinen Mittelschenkel schicken würde, aber in Wirklichkeit nicht der Fall ist.

Am Leuggelbach sieht man den Flysch deutlich unter den Sernifit einfallen. Leider ist der Contact beider Gesteine im Bachbett durch

grosse Sernifitblöcke verdeckt, so dass man im Ungewissen bleibt, ob sich etwas Lochseitenkalk dazwischen einschiebt oder nicht. In keinem Fall könnte er mächtiger als 2—3 Meter sein. Etwas über 100 Meter lang hat sich der Bach in den Flysch eingeschnitten, der Globigerinen einschliesst und damit deutlich beweist, dass er nicht älter als der Sernifit, sondern jünger ist.

Sobald der Bach den östlichen Jurakalk erreicht hat, stürzt er auch sogleich über dessen hohe Wände als Wasserfall in die Tiefe. Es ist nicht ganz ungefährlich, den Contact zwischen diesem Kalk und dem Flysch zu untersuchen, doch konnte ich mit Gewissheit feststellen, dass nirgends eine Ueberlagerung zu sehen ist und ich gewann den Eindruck, dass eine solche auch gar nicht existirt, sondern der Jurakalk als senkrechte Mauer dem Flysch im Osten nur einfach vorgelagert ist, wie dies auf Fig. 1 I der Einlage I angedeutet wird. Da nun aber der Jurakalk, wie wir bereits früher festgestellt haben, ebenfalls auf Flysch ruht, gerade so wie es bachaufwärts der Sernifit thut, so muss man wohl beide Ueberlagerungsflächen als Folgen ein und derselben Ueberschiebung des Aelteren über das Jüngere ansehen. Da ferner die untere Grenze der Juramauer am Leuggelbach jedenfalls weniger als 700 m, die Unterfläche des Sernifites aber 900 m über Meer liegt, so muss man der zwischen beiden liegenden Verwerfung eine vertikale Sprunghöhe von etwa 200 Metern zuschreiben.

In vollkommen sicherer Weise wird die Existenz dieser Verwerfung in dem nahen Luchsinger Thälchen bewiesen, wo dieselbe auf beiden Thalseiten ausstreicht und man wirklich die Hand darauf legen kann. Hier wird die Hypothese vollständig durch die thatsächliche Beobachtung verdrängt. Von Luchsingen bachaufwärts schreitend, trifft man zuerst den Flysch anstehend, darüber, wie schon früher beschrieben, den Jurakalk (Fig. 2). Hat man in diesem 100—200 Meter zurückgelegt, so befindet man sich ganz plötzlich im Sernifit, der in hohen Wänden aufragt, und von Kalk und Flysch ist nichts mehr zu entdecken. Der Contact zwischen Kalk und Sernifit ist gut aufgeschlossen, er bildet eine saigere, vielleicht nach Osten etwas überkippte Fläche, die N 25° O streicht, also das Thälchen durchquert und auf seinen beiden Flanken sichtbar wird. Beiderseits derselben herrscht ungefähr gleiches Streichen und Fallen der Schichten, so dass derjenige, welcher diese Verwerfungsspalte übersieht, die Sernifitbänke für die regelmässige Fortsetzung der Jurakalkbänke nehmen könnte. Uebrigens macht sich auf der linken Thalseite in den Sernifitbänken eine kleine Umbiegung nahe der Spalte bemerkbar, welche als Schlep-

pung in Folge des Absinkens der östlichen Gebirgsscholle aufgefasst werden kann. Dieses Absinken selbst ist hier viel geringer als am Leuggelbach, wie man unmittelbar aus Fig. 1 III ersieht.

Weiter nach Süden verschwindet diese Verwerfungsspalte unter der von sehr mächtigen Moränen bedeckten, breiten Hochterrasse des Braunwaldes und ich habe keine Stelle weiter auffinden können, wo die östliche Juramauer mit den mesozoischen Gesteinen des westlichen Gebirges in directe Berührung käme. Auf der Heim'schen Karte ist diesem Umstande zwar zum Theil durch Eintragung der alluvialen Decke Rechnung getragen, aber gleichwohl wurde dem Lias und Sernifit des westlichen Gebirges eine viel zu weite Ausdehnung nach Osten gegeben, an Stellen, wo entweder das anstehende Gebirge gar nicht zu erkennen ist oder bereits der Jura des östlichen Gebirges wirklich ansteht. In Folge dessen ist z. B. am Schwendiberg ob Diesbach auf der Schuttterrasse über dem Flysch Lochseitenkalk und Sernifit, von denen aber keine Spur zu sehen ist, und die Juramauer selbst als Lias eingetragen, während sie doch aus in horizontale Falten gelegten Bänken von Malm und Dogger aufgebaut wird. Ausserdem ist über dem Erlenberg die Farbe der Alluvionen ganz ohne Noth auch über die hohen Felswände der Juramauer ausgebreitet worden, trotzdem dort ein Zweifel über die Natur des anstehenden Gebirges nicht möglich ist.

Sicher anstehenden Fels des westlichen Gebirges trifft man erst da, wo das Sigfried-Blatt 400, die Felswände eingezeichnet hat, welche die unteren von den oberen Stafeln trennen. Da auf der breiten Terrasse der oberen Stafeln die Eisenoolithe des Doggers ausstreichen, über denen die gewaltigen Malm-Massen des Ortstockes liegen, so ist es mir sehr wahrscheinlich, dass die Felswände über den unteren Stafeln aus Lias bestehen, wie es die Heim'sche Karte angibt. Selbst habe ich darüber keine Untersuchungen gemacht. Diese Liasfelswände reichen bis 1500 und 1400 m herab. Nach Analogie mit den uns vom Leuggelbach her bekannten Verhältnissen ist unter denselben eine Lage von Sernifit und dann der Flysch zu erwarten. Doch wäre es auch möglich, dass der Sernifit hier bereits ganz fehlt und der Flysch direct vom Lias überlagert wird. Die Juramauer im Osten, welche die Braunwaldterrasse gegen das Thal einsäumt, entspricht so tektonisch dem Lias und Dogger der oberen Stafeln, denn auch sie liegt direct auf Flysch, nur dass hier alles tiefer eingesunken ist eben in Folge jener auf nordnordöstlich gerichteter Spalte stattgehabten Verwerfung.

Deutlich also tritt der grabenartige Einbruch auf der (Fig. 6) linken Seite des Linththales hervor — er gehört zu den Thatsachen und wirft auch seinen Schein auf die rechte Thalflanke, wo wir die Spuren davon ebenfalls erkannt, aber denselben nicht bis zur Beobachtung der Thatsache selbst nachfolgen konnten. Eine ganz sichere Erkenntniss auch für diese Seite erwarte ich jedoch von der Erforschung der nördlichen Fortsetzung über Glarus hinaus. Für eine Fortsetzung dieses grabenartigen Einbruches nach Süden habe ich keine Anhaltspunkte ausfindig machen können, aber ich vermuthe, dass er sich gar nicht in dieser, sondern in westsüdwestlicher Richtung fortsetzt und dass die breite Furche des Urnerbodens ihm ihre Entstehung verdankt. Hier öffnet sich der Specialforschung noch ein ergiebiges Feld.

Wenn ich im Vorhergehenden das, was ich die Juramauer genannt habe, tektonisch als ein Aequivalent der Gebirgsmasse des Glärnisch und Ortstockes einerseits und derjenigen des Saasberges und überhaupt des ganzen Kärpfgebietes anderseits aufgefasst habe, so hat mich dabei die Aehnlichkeit der Massen, ihres Baues und ihrer discordanten Lage auf den jüngeren Flysch geleitet. Ich halte diese Aehnlichkeit für so bedeutend und beweisend, dass ich auf diesen Gegenstand nicht noch einmal zurückkommen würde, wenn in der Literatur nicht eine davon ganz abweichende Auffassung bisher allein

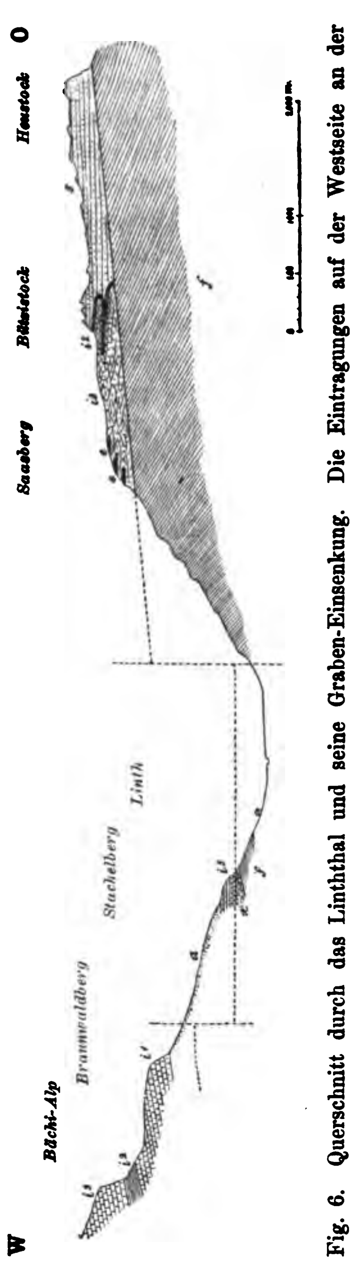


Fig. 6. Querschnitt durch das Linththal und seine Graben-Einsenkung. Die Eintragungen auf der Westseite an der Bächi-Alp sind nach den Angaben der Heim'schen Karte, alle anderen nach eigenen Aufnahmen gemacht. 1 : 67,000.

Vertretung gefunden hätte. Ich will dieselbe nach der Darstellung, die ihr Heim gegeben hat, kurz skizziren. Der Grundplan der Tektonik soll der einer nach Süden überstürzten liegenden Falte sein. Zum Nordflügel des Sattels gehören die Gipfelmassen des Kärpfgebietes, des Glärnisch und Ortstockes. Hier liegen also alle Schichten normal in ihrer Altersaufeinanderfolge. Der Flysch, der überall die Basis bildet und unter dem weiter im Süden auch noch Jura und Sernifit als Basisgesteine zum Vorschein kommen, liegt auch normal und soll zum Südflügel der Mulde gehören, welche mit dem nördlichen Sattel durch einen Mittelflügel [1] in Verbindung stünde. Dieser Mittelflügel muss natürlich alle Formationsglieder in umgekehrter Reihenfolge zeigen und soll ausserdem in Folge der Ueberfaltung durch Auswalzung viel von seiner ursprünglichen viele hundert Meter starken Mächtigkeit verloren haben, an manchen Stellen zu einer nur noch wenige Meter oder Decimeter dicken Gesteinslage verdrückt worden und endlich oft auch ganz verschwunden sein. Zu diesem Mittelflügel nun wird die erwähnte Juramauer gezählt, und Heim nennt sie deshalb auch meist kurzweg Lochseitenkalk, der als Typus des ausgewalzten Mittelschenkels gilt. Da die Mauer nirgends so mächtig ist, als die Gesammtmächtigkeit der Schichten, welche den Mittelflügel aufgebaut haben sollen, verlangt, so wird gerade hierin ein Zeichen der Zugehörigkeit zu diesem von der Auswalzung betroffenen tektonischen Gliede gesehen.

Nun hat allerdings damals, als diese Hypothese aufgestellt worden ist, niemand gewusst, dass diese Mauer nicht nur aus Hochgebirgskalk, sondern auch aus Eocän und Doggerschichten aufgebaut wird, und dass ferner diese Schichten nicht, wie die Hypothese verlangt, eine einfache, aber umgekehrte Aufeinanderfolge haben, sondern zu liegenden Mulden und Sätteln gefaltet sind, so dass der Malm stellenweise dreimal übereinanderliegt und das einemal Dogger, das anderemal Eocän zwischen sich einschliesst. Da man ausserdem die Versteinerungen darin nicht gesehen hatte, so konnte man auch nicht wissen, dass dieselben durchaus nicht jene Auswalzung zeigen, die nach der Hypothese hier stattgefunden haben müsste.

Abgesehen aber davon, ist noch eine andere Thatsache vorhanden, welche die ganze Hypothese unmöglich macht und welche

---

[1] Ich gebrauche die Worte Flügel und Flanke lieber als „Schenkel," der die flächenförmige Ausbreitung nicht zum Ausdruck bringt und überhaupt nur beim gezeichneten Profil einen Sinn hat.

theilweise zwar damals schon bekannt war, der man aber nicht die ihr gebührende Beachtung geschenkt hat und die man sich selber zum Theil auch durch unrichtige Eintragungen auf der geologischen Karte, worauf bereits hingewiesen wurde, verdunkelt hatte. Es ist das die Thatsache, dass der angebliche Mittelflügel gar nirgends unmittelbar unter dem Sernifit des nördlichen Sattelflügels liegt, sondern dass dort, wo immer überhaupt das Liegende bekannt ist, seine Stelle vom Flysch eingenommen wird, der aber bereits zum südlichen Muldenflügel gehört, so dass also der Mittelflügel hier entweder gar nie existirt haben kann oder ganz ausgewalzt worden sein müsste.

Aus diesen Gründen ist es nothwendig, die Auffassung der Juramauer als Mittelflügel zu den unbegründeten und von den Thatsachen gänzlich widerlegten Hypothesen zu stellen.

Zum Schlusse mag noch die Aufmerksamkeit auf das eigenthümliche Verhältniss gelenkt werden, welches zwischen den Linththaler Schwefelquellen und den Verwerfungen existirt. Ich kenne drei Schwefelquellen: die Stachelberger, Luchsinger und Schwandener. Andere sind mir nicht bekannt geworden. Alle drei liegen dicht auf oder doch nahe den Kreuzungsstellen von Querverwerfung und Ueberschiebung oder von Blatt und Wechsel. Der linksseitigen Verwerfungsstelle gehören die Luchsinger und Stachelberger, der rechtsseitigen die Schwandener Quelle an. Die Luchsinger Quelle tritt gerade auf der Kreuzung mit der grossen Ueberschiebung hervor, die Stachelberger hingegen liegt tiefer, auf jener kleineren Ueberschiebung (Fig. 1 V). Dass auch die Schwandener Quelle, die übrigens noch schwächer als die Luchsinger sein soll, auf der Ueberschiebungsfläche emporsteigt, ist sehr wahrscheinlich, da letztere vermuthlich nur wenige Meter unter dem Linthspiegel ausstreicht.

Auch die warmen Heilquellen von Aachen, Burtscheid und Spaa haben eine ähnliche Beziehung zu den grossen Ueberschiebungen, welche den Nordrand der Ardennen begleiten und von denen in einem späteren Abschnitt noch die Rede sein soll.

II. Die Schildüberschiebung.

Durch den Nachweis des vorigen Abschnittes, dass der angebliche Mittelschenkel zwischen Linththal und Schwanden nicht existirt, ist natürlich noch lange nicht bewiesen, dass ein solcher Mittelschenkel überhaupt im Gebiete der sog. Doppelfalte fehlt. Ebenso wenig ist durch den Nachweis der grossen Querverwerfungen im Linththal bewiesen, dass bei Entstehung der Doppelfalte nicht bruchlose Umformung hätte thätig sein können, weil, wie sich deutlich ergab, jene Brüche jünger als die grosse Ueberschiebung sind, also einer jüngeren Periode angehören, in der sich der plastische Zustand der Gebirgsmassen bereits geändert haben konnte, so dass nun Brüche entstanden, wo vorher alle Bewegungen durch Biegung und Auswalzung ausgeglichen wurden.

Ich habe nun aber an anderem Orte bereits eine Reihe von Thatsachen mitgetheilt, welche auch für andere Theile dieses Gebietes das Vorhandensein von Brüchen und das Fehlen des Mittelschenkels in der Nordfalte beweisen, so dass ich mich zu dem Ausspruche für berechtigt halte: Die Thatsachen stehen mit der Hypothese der bruchlosen Umformung und Auswalzung und der Doppelfalte überhaupt nicht im Einklang, sie können aus dieser nicht alle erklärt werden und einige Thatsachen widersprechen der Hypothese geradezu.

Es müssen infolge dessen, so lange dieser Einklang nicht hergestellt sein wird, Namen wie Doppelfalte, ausgewalzter Mittelschenkel u. s. w. aus der tektonischen Darstellung dieses Theiles der Alpen verschwinden und anderen Platz machen, deren Sinn nicht über die thatsächlichen Verhältnisse hinausgeht. Da nun aber der sog. ausgewalzte Mittelschenkel der Nordfalte sich in Wirklichkeit stets als eine Ueberschiebung darstellt und da dieselbe zwar vom Reuss- bis zum Rheinthal nachgewiesen ist, aber doch im Kärpfgebiet in ihrer Grossartigkeit am schönsten hervortritt, so werde ich mich dafür in Zukunft kurzweg des Namens „die Kärpfüberschiebung“ bedienen, um sie von anderen Ueberschiebungen zu unterscheiden, die ebenfalls im Gebiet der sog. Nordfalte auftreten, bisher aber der Beobachtung entgangen zu sein scheinen.

Es handelt sich in diesem Abschnitt vorerst um die Schilderung einer Reihe von neuen Thatsachen, deren theoretische Bedeutung deshalb erst nach ihrer Schilderung hervortreten kann. Vorausgehend

will ich nur soviel darüber bemerken, dass **wer auch jetzt noch an der Deutung der Kärpfüberschiebung als einem ausgewalzten Mittelschenkel festhält, gezwungen sein wird, der Doppelfalte noch eine dritte oder gar eine vierte Falte mit ebenfalls ausgewalztem Mittelflügel hinzuzufügen, und also nicht mehr von einer Doppelfalte, sondern nur noch von der Glarner Tripelfalte sprechen kann.**

Jedem, der sich über die Geologie der Glarner Alpen genauer informiren will, muss es auffallen, dass über den Bau der Schildgruppe fast gar nichts in der Literatur zu erfahren ist. Die Monographen dieser Gegend, Heim und Mösch, schweigen sich gründlich darüber aus und geben keinen einzigen geologischen Durchschnitt. Auch wenn man Blatt IX der geologischen Karte zu Rathe zieht, kann man sich kein tektonisches Bild machen, denn gar seltsam sind die Farben darüber ausgebreitet. Ich hatte früher oft die vorhandene Literatur darüber durchstudirt, ohne zu einem greifbaren Ergebniss zu gelangen, und so war ich nicht wenig gespannt, wie sich das Dunkel erhellen werde, als ich im Herbst vorigen Jahres endlich zu einer dreitägigen Begehung dieser Gegend gelangen konnte, wobei mich Herr Dr. Joh. Böhm und der Führer Jenny von Schwendi begleiteten. Die Unlesbarkeit der geologischen Karte klärte sich rasch durch den Nachweis einer grossen Zahl von Unrichtigkeiten auf. So gibt es z. B. auf dem Gipfel des Schild keinen Verrucano, der Birmensdorfer oder Schildkalk liegt auf etwas Dogger und dieser auf dem sog. Vanskalk. Der letztere entsendet nicht jene räthselhafte Zunge nach Westen in den Jurakalk hinein bis zum Schlafstein. Was als solche eingetragen ist, besteht vielmehr aus Neocom. Am Gipfel des Siwellen liegt nicht Vanskalk und Verrucano in verkehrter Lage auf dem Tithon; der Gipfel besteht wie am Schild von oben herunter aus normal gelagerten Birmensdorfer Schichten, Dogger, Vanskalk und etwas Verrucano. Auch diese Schichten liegen hier wie am Schild auf dem jüngeren tithonischen Kalke flach auf, und da letzterer ebenfalls normal liegt, d. h. von älterem Jurakalk, Röthidolomit und Sernifit unterlagert wird, so wiederholen sich bei beiden Gipfeln die Formationsglieder in derselben Aufeinanderfolge zweimal übereinander. Wo sie aneinander stossen, liegt das Aeltere auf dem Jüngeren, ist auf dieses heraufgeschoben, so dass sich also die merkwürdigen Lagerungsverhältnisse in einfachster Weise durch eine von Norden her erfolgte grosse und sehr flache Ueberschiebung erklären lassen. Ich nenne sie zum Unterschied von der Kärpf- die Schild-

Ueberschiebung. Die beigegebenen Durchschnitte veranschaulichen diese Verhältnisse, deren Entwirrung dadurch noch besonders erschwert wird, dass mehrere bedeutende Querverwerfungen das Schildmassiv durchsetzten und zu grösseren Verschiebungen Veranlassung gegeben haben. Durchschnitte, welche einen richtigen Querschnitt darstellen sollen, müssen deshalb so gelegt werden, dass sie durch keinen dieser Querbrüche spitzwinkelig hindurchgehen, denn oftmals

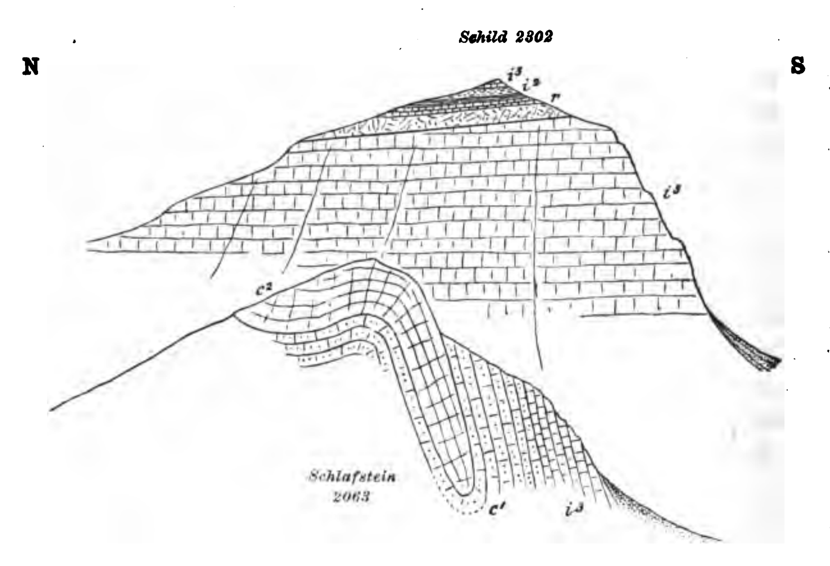


Fig. 7. Zwei Parallelprofile durch die Gipfel des Schild und Schlafstein, um den raschen Wechsel der Tektonik zu beiden Seiten der N—S streichenden Querverwerfung zu zeigen. 1 : 10,000. *r* Röthidolomit, i^2 Dogger, i^3 Malm, c^1 Neocom, c^2 Schrattenkalk.

sind Schichten und Schichtenbau zu beiden Seiten einer solchen Bruchspalte vollkommen von einander verschieden. Am besten wird das durch die zwei Profile des Schild und Schlafsteines (Fig. 7) veranschaulicht, welche dicht nebeneinander herlaufen, aber zwischen sich einen Querbruch haben. Das erste Profil stellt eine stark geneigte Juratafel dar, die aber aus einer Doppelplatte besteht; das zweite zeigt uns eine enge, steilgestellte Kreidenmulde.

Zunächst will ich der Reihe nach dasjenige beschreiben, was ich von der Tektonik der Schildgruppe beobachtet habe. Wir durchschreiten dabei das Gebiet von Süden nach Norden und beginnen unmittelbar über der Kärpf-Ueberschiebung (Fig. 8—10 der Einlage II).

Auf dem Flysch der Lochseiten bei Schwanden thürmt sich in

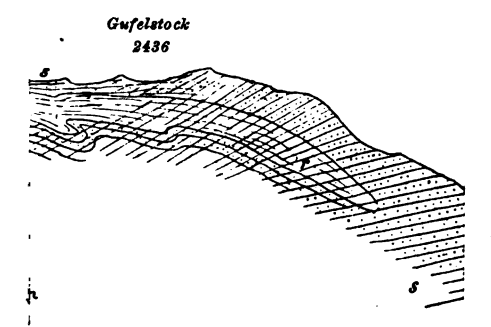
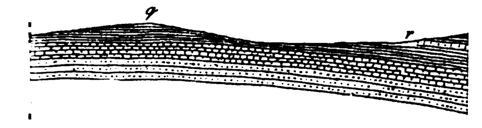
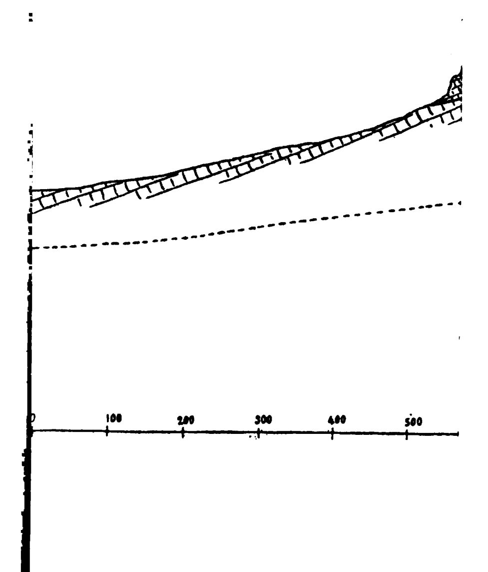
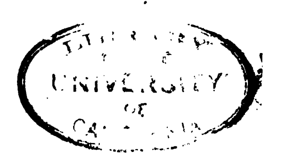

Gufelstock
2436
s
r
s
h

Fig. 8.


Weisskammstock
q
r


Heuboden-Alp
0
100
200
300
400
500



ungeheurer Mächtigkeit der Sernifit auf, erst hoch oben an den Berggehängen der Fassis-Alp wird er von dem jüngeren Röthidolomit und Quartenschiefer überlagert, so dass man die Masse des Sernifites hier auf über 1000 m Mächtigkeit schätzen kann. Obwohl nun die diesem Gesteine stets eigenthümliche Schieferung ähnlich wie die darunter liegende Ueberschiebungsfläche durchweg ein nördliches Einfallen zeigt, so können wir daraus doch weder auf die Mächtigkeit der Sernifitschichten, noch auf deren Lagerung schliessen, weil diese Schieferung eine transversale ist. Besser geeignet hierfür sind die Bänke des Röthidolomites, während wir uns in dem darüber liegenden Quartenschiefer bereits wieder vor Verwechselungen der Schichtung

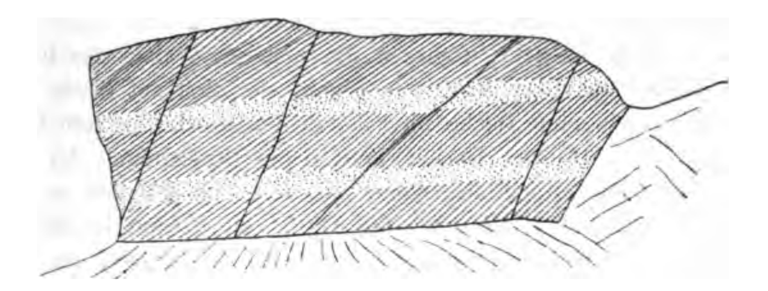


Fig. 11. Quartenschiefer am Milchbach oberhalb Ennenda, mit transversaler Schieferung. Die wahre Schichtung ist an den zwei sandigen Einlagerungen zu erkennen, die keine Schieferung besitzen.

mit der Schieferung in Acht zu nehmen haben. Sehr deutlich kann man sich davon am Fusspfad zwischen Sool und Aeugsten, da wo er den Milchbach überschreitet, überzeugen. Es steht rother Schiefer an, der 55° O streicht und 35° nach SO einfällt. In dem Schiefer liegen aber (Fig. 11) einzelne mehr sandige und dolomitische Bänke eingelagert und diese streichen N 75 W und fallen unter 20° nach SW ein; sie allein geben uns also die wahre Lagerung der Schichten an. Die ganze Gebirgsmasse der Fassis-Alp, des Gufelstockes, Heustockes und Schwarzstöcklis wird nur aus den drei erwähnten Gesteinsarten aufgebaut. Die Tektonik derselben lässt sich am leichtesten in den höheren Lagen erkennen, wo die Waldbedeckung fast ganz zurücktritt und auch die Moränen nicht mehr so geschlossene Decken bilden.

Der Gipfel des Heustockes (Punkt 2320 des Siegfried Blattes 264) besteht aus wellig gebogenem Röthidolomit. Auf Blatt IX der geologischen Karte ist hier ein breiter Streifen wohl aus Versehen

uncolorirt geblieben. Was diese Karte als Vanskalk einträgt, bezeichne ich stets als Röthidolomit, da die betreffenden Gesteine hier durchaus als echte Dolomite entwickelt sind. Dicht neben der höchsten Spitze des Heustockes bildet der Dolomit eine kleine Mulde, in welcher noch etwas Quartenschiefer eingebettet erhalten geblieben ist. Gegen NW senken sich die Dolomitbänke rasch, aber in wellenförmigen Biegungen am Berggehänge herab bis nahe zur Hütte der Alp Beglingen. Doch tritt am Gehänge stellenweise auch noch der liegende Sernifit bis an die Oberfläche heran. Der Dolomit des Heustockes hat dasselbe Streichen wie der langgezogene Berggrat, nämlich von SW nach NO, oder vielmehr er hat durch seine Dauerhaftigkeit die Richtung dieses Berggrates bestimmt. An dessen nordöstlichen Ende liegt eine tiefe, kesselförmige Thaleinsenkung, in der überall der Sernifit zu Tage ausgeht, während die höheren Wände des Kessels bereits wieder aus Röthidolomit bestehen, der sich auf diese Weise als zusammenhängende Decke über das Schwarzstöckli bis zum Weisskamm fortsetzt. Da hier Unsicherheit in der Bezeichnung der Bergspitzen herrscht, so will ich bemerken, dass ich den 200 m nordwestlich vom Punkt 2312 gelegenen Gipfel als Schwarzstöckli, den Punkt 2351 als Weisskamm-Stock bezeichne. Punkt 2387 am Nordende des Höchgrat, welcher vom Gufelstock (2436) ausläuft, wird ebenfalls zuweilen Schwarzstöckli benannt, doch scheint mir hierfür der Name Höchgratspitz besser zu passen.

Auf der Höhe des Weisskamm-Stockes liegt der Röthidolomit ziemlich flach, senkt sich aber, nach WNW immer steiler werdend, gegen die obere Beglinger Alp in das Thal herab. Hier sind die Schichten von einem Längsbruch durchschnitten, der ein beinahe südnördliches Streichen hat, und die Sattelschichten sind im Osten der Bruchspalte auf derselben in die Tiefe gesunken, so dass der Sernifit des Westens in das Niveau des östlichen Dolomites gekommen ist.

Auf dem plateauartig sich verbreiternden Bergrücken zwischen dem Weisskammstock uud des Höchgratspitz legt sich auf den Röthidolomit zumeist noch der Quartenschiefer auf. Eine scharfe Trennung beider ist indessen mit Schwierigkeiten verbunden, weil auch im Quartenschiefer Dolomit-Einlagerungen sich wiederholen und manchmal auch schon in und unter dem echten Röthidolomit rothe Schiefer vom Typus des Quartenschiefers auftreten. Auch sernifitartige Lager kehren in höheren Lagen wieder und beweisen, dass die aus praktischen Rücksichten gebotene Einteilung dieses ganzen Schichtencomplexes keinen eigentlich stratigraphischen Werth hat, und dass

man sich wohl hüten sollte, die einzelnen Glieder mit solchen eines palaeontologisch definirten Systemes zu vergleichen.

Auf dem durch Quartenschiefer roth gefärbten Plateau erheben sich pyramidenartig zwei grössere Bergkegel: die Höchgratspitz und das Schwarzstöckli. Beide fallen schon von ferne durch ihre dunkle Farbe auf, die sich von dem rothen Quartenschiefer und hellen Röthidolomit ihrer Basis scharf abhebt. Man möchte geneigt sein, dem dunklen Gestein ein jüngeres Alter als seiner Basis zuzuschreiben, es ist aber in Wirklichkeit gerade umgekehrt. Sie bestehen ausschliesslich nur aus Sernifit. An ihrer Basis liegt zwischen ihm und dem Quartenschiefer eine mächtige Bank von Röthidolomit, die aber stellenweise auch fehlt. Das Schwarzstöckli bildet einen Sernifitkegel, der ganz isolirt ist, und unter dem auf allen Seiten der Quartenschiefer als Sockelgestein zum Vorschein kommt. Der Höchgrat hingegen zeigt seine Unterlage nur auf drei Seiten; nach Süden hängt er mit dem Gufelstock zusammen, der ebenfalls aus Sernifit aufgebaut ist. Auf der Westseite sieht man oben auf dem ganzen Plateau „bei den Seelenen" theils Röthidolomit, theils Quartenschiefer unter dem Sernifit hervorstreichen. Auf der Nordseite hingegen, beim sog. Wallenfässis hört diese Unterlage schon halbwegs zwischen der Höchgratspitz und dem Gufelstock auf, und der obere Sernifit des Bergkammes tritt in unmittelbare Verbindung mit dem unteren, welcher die Basis des ganzen Fässisgebirges bildet und mit steilen Wänden gegen den Murgsee hin abfallend einen mächtigen Sockel formt, der sich nordwärts bis zum Klothal fortsetzt und so noch für den Weisskamm die Unterlage darstellt. Breit-zungenförmig greift also Röthidolomit und Quartenschiefer von Norden her in fast ganz horizontaler Richtung in die Sernifitmasse ein und da der Quartenschiefer in der Mitte, der Röthidolomit sackförmig darum herum gelegt erscheint, so ist man wohl berechtigt, darin eine liegende, nach Norden überkippte Mulde zu sehen, deren oberer Flügel, welcher den Höchgrat und das Schwarzstöckli bildet, die Schichten in umgekehrter Reihenfolge angeordnet hat.

Es ist das ein Lagerungsverhältniss, welches in den Glarner Alpen nicht selten angetroffen wird und in ganz ausgezeichneter Weise am benachbarten Glärnisch erschlossen, aber ebenso vom Saasberg, dem Vorab und vielen anderen Stellen bekannt ist.

Allerdings mag es als eine auffallende Thatsache besonders hervorgehoben werden, dass der Röthidolomit in dem oberen überstürzten Muldenflügel nirgends so mächtig ist als in dem unteren, normal gelagerten, ja dass er an manchen Stellen wohl auch ganz fehlt. Ob

dies die Folge eines zufällig geringeren Absatzes oder nachträglicher Gebirgsbewegungen sei, muss ich einstweilen unerörtert lassen, da ich keine entscheidenden Beobachtungen gemacht habe.

Diese liegende Mulde lässt sich ohne Unterbrechung bis zur Rothen Erde verfolgen, wo sie mit dem Schildmassiv in Verbindung tritt. Dazwischen liegt ein nur wenige Meter breites Joch, das aber mit Gras bewachsen ist und anstehendes Gestein nicht erkennen lässt. Jenseits desselben steht überall Kalkstein an; Sernifit, Dolomit und Quartenschiefer, die man erwarten sollte, sind mit einemmal gänzlich verschwunden. Es ist ein dunkelfarbiger plattiger Kalkstein, der Versteinerungen einschliesst, die aber nicht sonderlich gut erhalten sind. Man erkennt besonders Kieselspongien und Belemniten darunter. Ich bestimmte *Porospongia* cf. *impressa* Münster, *Rhynchonella* sp. und *Belemnites* cf. *hastatus*. Die Schichten stehen zuerst ziemlich steil, biegen sich aber rasch um und fallen flach nordwärts. Sie werden von sehr versteinerungsarmen, hellfarbigeren, dickbankigen Kalksteinen überlagert, die nach ihrer Gesteinsbeschaffenheit für Malm angesehen werden müssen und die von da ab nach Norden und Westen sich plateauartig ausbreitend die Oberfläche der grossen weiten Heuboden Alp bilden. In dieser Altersbestimmung wurde ich bestärkt durch das Auffinden von Korallenkalk in den oberen Partien auf der Westseite des Schild. Die spongienführenden Kalkplatten bei der Rothen Erde bin ich geneigt, für eine Schwammfacies der Birmensdorfer Schichten anzusehen, indessen ist das nur eine Vermuthung, die durch ein genaueres Verfolgen dieser Schichten längs der Felswand über den Schildblanken erst gestützt werden muss. Auf alle Fälle aber haben wir es hier mit Jurakalk zu thun, der ebenso wie der untere Flügel der besprochenen liegenden Sernifitmulde des Fassismassives normal gelagert ist und so genau in dessen nördlicher Fortsetzung liegt, dass kein Grund aufgefunden werden kann, warum er nicht diese Fortsetzung selber sein sollte. Doch muss man dann annehmen, dass eine nördlich streichende Verwerfung gerade über das Joch bei der Rothen Erde hinüberstreicht, durch welche der Jurakalk im Westen in das tiefere Niveau des östlichen Quartenschiefer gebracht worden ist. Diese Annahme wird gestützt durch den bereits geführten Nachweis einer durch den Weisskamm setzenden Parallelverwerfung.

Man sollte nun erwarten auf dem sanft nach Norden sich senkenden, normal gelagerten Juraflügel irgendwo auch die verkehrten Schichten des oberen Flügels wiederzufinden, und da es bekannt ist,

dass solche ältere Schichten auf dem Gipfel des Siwellen und Schild wirklich vorkommen, so könnte diese Erwartung glänzend gerechtfertigt erscheinen und zwar umsomehr, da auch Mösch auf dem Siwellen thatsächlich diese verkehrte Lagerung angegeben hat. Hier wurde nun aber meine Erwartung vollkommen getäuscht. Der Siwellen sitzt als eine längliche Kuppe von unregelmässig elliptischer Gestalt auf der erwähnten Juraplatte auf. Die grössere, nach Norden gerichtete Axe dieser Ellipse ist ungefähr 800, die kürzere 400 m lang. Die Höhe dieser aufgesetzten Kuppe misst etwa 100 Meter. Auf der gegen die Rothe Erde zugewendeten Seite besteht die Basis dieser Kuppe aus Sernifit, der unmittelbar auf dem Jurakalk liegt. Ueber demselben folgt der Röthidolomit, dann Dogger und die Birmensdorfer ammonitenreichen Schichten, welche die Spitze der Kuppe bilden und sich auf dem Nordgehänge eine Strecke weit herabsenken. Auf allen Seiten ist die Zusammensetzung des Siwellen dieselbe, nur dass der Sernifit auf drei Seiten fehlt und der Röthidolomit unmittelbar auf dem Jura ruht. Es liegen die älteren Schichten hier also ganz normal und nicht in umgekehrter Reihenfolge. Die Birmensdorfer Schichten sind nur wenige Meter mächtig, als sog. Schildkalk entwickelt und gerade hier sehr reich an Versteinerungen. Ich fand in ganz kurzer Zeit: *Belemnites hastatus*, *Perisphinctes plicatilis*, *Lucingae* und *Oppelia* cf. *Lochensis*.

Darunter liegt der Eisenoolith des Doggers mit Belemniten und stark gerippten Rhynchonellen in einer Mächtigkeit von 0,5 m, dann folgen stellenweise bis 30 m mächtige, weiche, schwarze Schiefer mit vielen eingelagerten, sandigen Crinoideenbänken. Sie enthalten viele kleine Austern, Belemniten und Crinoideenstielglieder, die zum grössten Theil zu *Pentacrinus* gehören. In einer solchen Bank, die unmittelbar unter dem Eisenoolithe liegt, fand ich das kleine *Amusium personatum*. Es gehören diese Schiefer also in ihren oberen Theilen jedenfalls noch zum unteren Dogger und ich habe keine palaeontologische Thatsachen auffinden können, die den unteren Theil zum Lias verweisen würden. Echten Lias mit bezeichnenden Fossilien gibt es hier jedenfalls nicht, denn diese Schiefer liegen unmittelbar und zwar discordant auf typischem Röthidolomit. Dieser selbst geht nach unten in eine sehr brecciöse hellfarbige Rauhwacke über, die auf der Ostseite des Siwellen von Sernifit, sonst überall von Jurakalk unterteuft wird. Der eigentliche Quartenschiefer ist am Siwellen kaum vorhanden in Folge der starken Discordanz, mit welcher der Dogger auf seiner Unterlage aufruht und die auch dem Röthidolomit

selbst eine sehr wechselnde Mächtigkeit gibt. Auf der Südwestseite des Siwellen, wo der Röthidolomit noch am mächtigsten ist, schliesst er einzelne Lager von grauen Sernifitschichten und Kalkschichten ein, ein Vorkommen, das an die Kalkplatten auf dem Rothstock am Pizmarpass erinnert und dort seinerzeit zu Verwechslungen mit Lias Veranlassung gegeben hat.

Da alle diese Schichten ungefähr 25°, die Unterfläche der Kuppe aber nur 10—15° geneigt sind, so werden die ersteren von der letzteren unten der Reihe nach abgeschnitten, und eine Folge davon ist das isolirte Vorkommnis des Sernifites auf der Südostseite.

Die Schildkuppe besteht eigentlich aus zwei zusammengewachsenen Kegeln, die aber zusammen doch eine kleinere Fläche einnehmen als der Siwellen. Die Basis bildet auch hier die helle Rauhwacke, Sernifit fehlt hingegen ganz. Darüber liegt der typische Röthidolomit und dann folgt, aber nur auf dem eigentlichen Schildkegel der Dogger in sehr schwacher Entwicklung als Schiefer mit Crinoideenbänken und Eisenoolith. Darüber liegt der helle Schildkalk, der hier viel ärmer an Versteinerungen erscheint. Er ist aber schon gehörig ausgebeutet worden, während der Fundort an dem Siwellen durch Mösch's Verschwiegenheit nur wenig bekannt geworden ist. Endlich liegt auf dem höchsten Gipfel des Schild noch ein kleiner Gupf vom Hochgebirgskalk.

Zwischen Schild und Siwellen gewahrt man eine kleine warzenartige Erhöhung, die ebenfalls aus jener Rauhwacke besteht und ein kleineres Ueberbleibsel der durch Erosion zum grössten Theil bereits entfernten Decke darstellt, von deren einstmaliger Existenz wir ohne Siwellen und Schild überhaupt gar keine Ahnung haben könnten.

Die Kuppen des Siwellen und des Schild wurden also, ehe sie durch die Erosion getrennt worden sind, als eine geschlossene Masse von Nordwest her auf einer 10—15° geneigten Fläche über die Juraplatte heraufgeschoben. Visirt man am Fusse der Schildkuppe stehend über diese Ueberschiebungsfläche nach NW, so bemerkt man, dass ihre Fortsetzung in der Luft liegt und erst an der fernen Erhebung des Fähristockes wieder ins Gebirg einschneiden kann, dass mit anderen Worten die Erosion nicht nur die übergeschobene Masse, sondern auf der Heuboden Alp auch schon die Unterlage stark angegriffen hat. Die von mir im voraus vorgenommene Visirung erwies sich als berechtigt. Sobald man vom Schild nordwärts über die schrattenartige Juraplatte soweit abgestiegen ist, dass man den von

neuem ansteigenden Südhang des Fähristockes erreicht hat, trifft man auch alsbald wieder auf den Röthidolomit, der nach oben auf dem 2017 m hohen Gipfel von dem schwarzen Doggerschiefer, dem rothen Eisenoolith und dem hellen Schildkalk überlagert wird. Auf der Nordseite senkt sich der Röthidolomit mit den ein- und aufgelagerten Quartenschiefern über die Einsattelung der oberen Fronalp in den Fuss des Fronalpstockes hinein, über dem sich der gewaltige Kalkfelskegel dieses Berges erhebt. Derselbe besteht zu unterst gleichfalls aus Dogger, wie auf dem Fähristock und dem Siwellen, darüber aus Schildkalk, alles von geringer Mächtigkeit und dann liegt darauf aufgethürmt die 200 Meter hohe Masse des Hochgebirgskalkes.

Fronalpstock, Fähristock, Siwellen und Schild gehören also alle zu der grossen Masse der Schildüberschiebung.

Steigt man auf der Ostseite des Fähristockes nach der Plattenalp ab, so erreicht man unter dem Röthidolomit und seinen Begleitgesteinen alsbald wieder die Juraplatte der Heuboden Alp. Während dieselbe aber am Schild in einer Mächtigkeit von beinahe 300 Meter aufgeschlossen ist, ohne dass ihr unteres Ende dadurch sichtbar wird, so ist diese Platte hier nur noch etwa 10 Meter stark. Sobald man die starke Quelle des Plattenbaches erreicht hat, befindet man sich schon unter dieser Platte und man steht auf typischem Flyschschiefer, in dem etwas thalauswärts Escher eine Nummulitenbank aufgefunden hat, so dass sein eocänes Alter ausser Zweifel steht. Die Quelle hat den eocänen Schiefer gelockert und theilweise weggespült, so dass die hangende Juraplatte unterwaschen ist und dachförmig vorspringt. Hierdurch ist die wirkliche Ueberlagerung des Flyschschiefers durch den Jurakalk in ausgezeichneter Weise nachgewiesen und man kann diese Beobachtung nicht nur an dieser einen Stelle, sondern zu beiden Thalseiten noch mehrmals wiederholen, so dass wohl Jedermann, der diese Stellen gesehen hat, von der Ueberlagerung überzeugt werden muss. Ich kann es deshalb auch nicht glauben, dass Vacek und Heim jemals hier gewesen sind, da sonst der eine nicht von discordanter Anlagerung, der andere nicht von Anlagerung an vertikaler Verwerfungsspalte hätte sprechen können.

Die Aehnlichkeit mit den Verhältnissen am Saasberg und im Linththal, wo ja ebenfalls Jurakalk über Flysch liegt, ist eine ganz auffallende, und wird es umsomehr, als auch der Contact durch eine typische Lochseitenkalk-Entwickelung ausgezeichnet ist. Die Mächtigkeit des Lochseitenkalkes ist hier allerdings keine sehr bedeutende,

meist nur einige cm bis dm, einmal auch bis 1 m stark, aber mit grosser Deutlichkeit tritt hervor, wie viel der Flysch und wie viel der Jurakalk Material zu dieser Bildung geliefert hat. Beide Gesteine verändern am Contact ihr gewöhnliches Aussehen, sie werden eigenthümlich striemig und in Folge des Farbenwechsels blau oder schwarz und weiss geflammt. Der Flyschlochseitenkalk unterscheidet sich natürlich von dem anderen leicht durch seine schwärzere Farbe und schieferige Beschaffenheit. Beide Varietäten sind selten durch eine scharfe, ebene Kluft getrennt, sondern die Grenze ist gewöhnlich wellig gebogen und unregelmässig geformt, so dass der zermalmte Flysch höckerartig von unten in den Jurakalk eingreift, gerade so wie das ja auch bei der Kärpfüberschiebung die Regel ist.

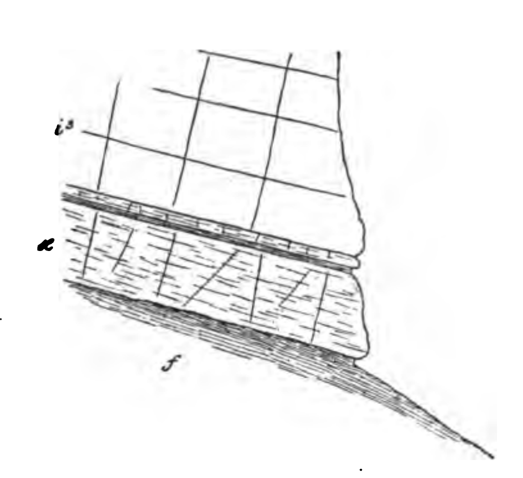


Fig. 12. Lochseitenkalk (x), als Reibungsproduct zwischen Flysch (f) und Jurakalk (i^3) entstanden, im Hintergrund der Plattenalp. 1 : 100.

Schreitet man über den Flysch gegen die Plattenalp hinab, so bleibt die Juraplatte an den Thalgehängen immer weiter oben zurück. Bei den Alphütten sieht man den Flysch auf hellem dickbankigem Kalk aufsitzen, der dem Schrattenkalk vollkommen ähnlich aussieht und auch wohl dazu gehört, denn Escher oder Mösch hat dort die Schichten mit der *Orbitulina lenticularis* gefunden. Sehr auffällig ausgeprägt ist die Discordanz zwischen Eocän und Kreide, von der hier Gault, Seewenkalk und Mergel gänzlich zu fehlen scheinen. Es hängt dies wohl mit dem buchtenartigen Charakter zusammen, der der ganzen Flyschablagerung im Glarner Land eigen ist. Gegen die Spannegg-Alp hin scheint sich der Kreidekalk im Süden aufzubiegen und den Flysch nach Art einer liegenden, gegen Norden geöffneten Mulde zu umfassen, wie ich dies in Fig. 8 angedeutet habe, obwohl ich dies aus Mangel an Zeit nicht mehr sicher feststellen konnte und für weitere Untersuchungen aufsparen musste.

Das Plattenalpthal auswärts herrschen verhältnissmässig sehr

regelmässige Lagerungsverhältnisse vor. Besonders am Scheienstock und Neuenkamm stellen sich mit schwacher nördlicher Neigung alle Glieder des Malm und der Kreide übereinander ein und das Gleiche findet auf der Hochmatt und an der Trosalp statt.

Vom Schild bis zur Plattenalp wiederholen sich also die Schichten dreimal in normaler Lagerung übereinander auf wenig nach Norden geneigten Flächen. Die oberste dieser Flächen ist etwa 10—15, die untere 15—20° geneigt. Dass dies Ueberschiebungsflächen sein müssen, geht aus der Lagerung der Massen unmittelbar hervor und wird durch die Reibungsproducte (Lochseitenkalk) auf der einen Fläche bewiesen. Die Bewegung, welche auf der oberen Fläche stattgefunden hat, nenne ich die Schildüberschiebung. Sie ist sehr bedeutend. Denn wenn sie in horizontaler Richtung bisher auch nur 3 Kilometer weit verfolgt werden konnte, so war sie jedenfalls doch in Wirklichkeit noch viel grösser und die Massen, die bewegt worden sind, haben stellenweise sicher Mächtigkeiten von bis 700 m gehabt. Von der Kärpfüberschiebung wird sie allerdings insofern übertroffen, als bei dieser ein Horizontalschub von über 10 km Länge nachweisbar ist, bei ungefähr gleich starker Neigung der Schubfläche.

Die Ueberschiebung der Plattenalp hat eine etwa 5° stärker geneigte Schubfläche, und es ist mir deshalb wahrscheinlich, dass sie nach oben bald von der Schildfläche abgeschnitten wird. Ob sie überhaupt eine weiter reichende Bedeutung besitzt, muss erst durch spätere Untersuchungen festgestellt werden. Vielleicht kommt ihr der Schildüberschiebung gegenüber nur die Rolle zu, welche die Stachelbergüberschiebung gegenüber der Kärpfüberschiebung spielt.

Die nächste Aufgabe wird es sein, die Schildüberschiebung in ihrem Streichen weiter nach Osten und Westen zu verfolgen. Man könnte darüber natürlich schon jetzt allerhand Vermuthungen aufstellen, da aber sichere Beobachtungen für dieselben nicht vorliegen, so wären sie ziemlich werthlos. Dahingegen will ich auf eine besondere Schwierigkeit hinweisen, die gerade der Lösung dieser Aufgabe im Wege steht.

Eine Reihe von Querbrüchen setzen von Süd nach Nord durch dieses Gebirge und haben den tektonischen Zusammenhang desselben stellenweise ganz bedeutend gestört. Eine solche Verschiebung hat wahrscheinlich auf der Westseite des Mürtschenstockes stattgefunden und setzt sich nach Süden über den Murgsee fort. Ich vermuthe,

dass an ihr HEIM die Rutschstreifen beobachtet hat, von denen er 1892 berichtete. Die Frage, ob die Masse des Mürtschenstockes ein Aequivalent derjenigen des Scheienstockes und Fronalpstockes ist, kann natürlich erst beantwortet werden, wenn wir wissen, welche Bewegungen auf jener Bruchspalte stattgefunden haben, ob die östliche Scholle gehoben wurde oder gesunken ist.

Einen anderen wichtigen Querbruch habe ich auf der Westseite des Schild gesehen, wo die schwach nach Norden geneigte, dicke

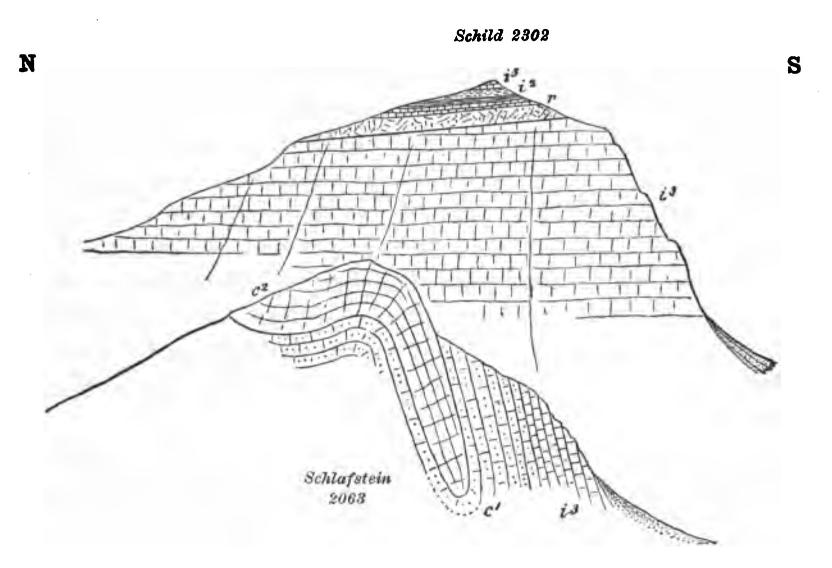


Fig. 13. Zwei Parallelprofile durch die Gipfel des Schild und Schlafstein, um den raschen Wechsel der Tektonik zu beiden Seiten der N—S streichenden Querverwerfung zu zeigen. 1 : 10,000. r Röthidolomit, i^2 Dogger, i^3 Malm, c^1 Neocom, c^2 Schrattenkalk.

Juratafel dieses Berges auf einer von Süd nach Nord verlaufenden Linie an die steil gestellte Mulde des Schlafsteines angrenzt (Fig. 13). Den Kern dieser Mulde bildet ein heller Schrattenkalk, in dem dunkle Kalke voll von *Orbitulina lenticularis* eingelagert sind. Nach aussen folgt ein bräunlich anwitternder, sandiger Neocomkalk, den MÖSCH auf der Karte als Vanskalk eingezeichnet hat. Er hat ihn jedenfalls nur von ferne zu Gesicht bekommen und wegen seiner bräunlichen Farbe dahingestellt, denn in der Nähe hätte er die Schalen der *Ostrea Couloni*, die zu Millionen darin stecken, nicht übersehen können. Noch weiter aussen liegt korallenreicher Tithonkalk, der sogar nach Norden etwas überkippt ist, also sehr steil nach Süden fällt. Geht

man auf die Raseggspitz vor, so gewahrt man wie die eben geschilderten Schichten, die von Westen her durch tiefe, steile Schluchten angeschnitten sind, eine steil gestellte Mulde bilden, also in der Tiefe sich umbiegen, im Norden gerade aufsteigen und dass erst auf der Höhe des Schlafsteines der Nordflügel sich flach nach Aussen umlegt. Es ist nicht schwer, diese tektonischen Verhältnisse weiter zu verfolgen und klar zu legen, aber so lange es nicht geschehen ist, bleiben wir darüber ganz im Dunkeln, ob die Schlafsteinmulde über der Schildschubfläche oder darunter liegt, und damit natürlich fehlt für irgend eine gesunde Speculation von vornherein der Boden.

Wenn wir jetzt die aus den sicheren Beobachtungen hervorgehenden Thatsachen auf ihre theoretische Tragweite prüfen wollen, so fällt zunächst die ungeheure Zerstückelung auf, die sich für dieses Gebirge ergeben hat. Steilgestellte und flachgeneigte Bruchflächen durchziehen dasselbe in grösserer Anzahl. Im Allgemeinen scheinen auch hier wie im Linththal, wovon wir uns im vorhergehenden Abschnitt überzeugt haben, die nördlich streichenden, steilen Brüche jünger zu sein als die flachfallenden Längsbrüche, auf denen das Gebirg von Norden her schuppenförmig übereinander geschoben worden ist. Dass nun aber diese flachen Ueberschiebungen keine Faltenverwerfungen sein können, dafür bringen gerade die Aufschlüsse am Siwellen den besten Beweis, denn wie wollte man sich sonst den dortigen isolirten Sernifitkeil erklären? Und welche wahrhaft mäandrische Verschlingungen von Sätteln und Mulden müsste man erst erfinden, um die zwei ausgewalzten Mittelschenkel, die unter dem Fähristock liegen, zu erklären? Oder sollte vielleicht die allerdings wenig mächtige Jurakalkplatte hier als der beinahe schon ganz ausgewalzte Schenkel selber angesprochen werden, trotzdem dieser Kalk genau so aussieht wie der altersgleiche Kalk auf dem Schildplateau? Sollte die Auswalzung von einigen hundert Metern Gestein zu einer 20 oder 30fach dünneren Platte wirklich gar keine merklichen Veränderungen in der Gesteinsbeschaffenheit zurückgelassen haben? Auf andere Fälle und andere Gegenden möge man immerhin die Faltenverwerfungstheorie anwenden, hier und für diese Thatsachen passt sie ganz und gar nicht.

III. Das Sentis-Gebirge.

Vor 37 Jahren hat Arnold Escher von der Linth den folgenden Satz ausgesprochen: „Während man in der Längsrichtung des Sentis-Gebirgszuges keinen Spalten (failles) begegnet, so zeigen sich dagegen Querrisse, die oft das ganze Gebirge durchsetzen, wie vom Wildkirchlein bis zum Rheinthale. Bei diesen Querspalten beobachtet man auch die Politur der gesprengten Felsflächen, sowie auch Dislocationen derselben.“ 28 Jahre später hat Suess[1] diesen Satz wiederholt und die darin erwähnte Dislocation als einen Typus seiner „Blätter“ oder Querverschiebungen beschrieben.

Alles was zwischen den Jahren 1857 und 1885 und ebenso auch was nachher über die Tektonik des Sentisgebirges geschrieben worden ist, bewegt sich in dieser von Escher zuerst formulirten Anschauung, wonach der Sentis ein ganz regelmässiges Faltengebirg ist, das aus zu mehreren Parallelfalten zusammengestauten Kreide- und Eocänschichten aufgebaut wird. Mit grosser Regelmässigkeit und Vollzähligkeit kehren die einzelnen Formationsglieder in den verschiedenen Mulden und Sätteln wieder und die zwei einzigen Unregelmässigkeiten, die sich dabei bemerkbar machen, sind erstens, dass einzelne Glieder mancherorts nur in aussergewöhnlich geringer Mächtigkeit vertreten sind, und zweitens, dass durch einige Querbrüche kleine, nachträgliche Verschiebungen der Faltenstücke stattgefunden haben.

Dass diese Anschauung nicht nur herrschend, sondern auch widerspruchslos geblieben ist, kommt in erster Linie daher, dass die Geologie des Sentis fast ausschliesslich auf den Schultern Escher's ruht. Er hat mit unermüdlichem Eifer dieses vorher so gut wie unbekannte Gebirg während seines langen Lebens durchforscht, und wenn er selbst auch leider nur wenig darüber veröffentlicht hat, so bildet doch das, was er in seine Notizbücher und auf Karten eingetragen hatte, seitdem es von Mösch[2] 1878 veröffentlicht worden ist, den Grundstock unseres geologischen Wissens von dem Sentis. Die grosse geologische Karte des Sentis im Masstab von 1 : 25 000 ist erst zwei Jahre nach seinem Tode erschienen, aber es scheint, dass sie in dieser Form noch von Escher selbst für den Druck vorbereitet worden war.[3] In kleinerem Maasstab ist dieselbe auf

[1] Antlitz der Erde I. S. 153. 1885.

[2] Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Lief. 13. 1878.

[3] Heer, O. Arnold Escher von der Linth, Lebensbild. 1873. S. 214.

Blatt IX der geol. Karte der Schweiz (erschienen 1878?) wiederholt und von Mösch nur mit wenigen Veränderungen versehen worden.

Auf diesen beiden Karten tritt der regelmässige Faltenbau mit aller nur wünschenswerthen Klarheit hervor; dahingegen sucht man auf ihnen vergebens nach den Spuren der oben besprochenen Querverschiebungen, deren tektonische Bedeutung und Wichtigkeit schon vor 47 Jahren von Murchison,[1] hauptsächlich auf Grund der Escher-schen Aufnahmen, beschrieben worden waren. Existirt hier ein Widerspruch zwischen Wort und Bild? oder sind jene Spuren in Wirklichkeit so unbedeutend, dass sie sich einer Darstellung auf der Karte ganz entziehen? Um diese Frage zu beantworten, habe ich mich im vorigen Jahre in dieses Gebirg begeben und darin eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt, die sowohl über diesen Gegenstand selbst als auch über einige andere wichtige tektonische Verhältnisse einen mir sehr unerwarteten Aufschluss gegeben haben und über die ich im Nachfolgenden berichten will.

1. Der Hohe Kasten.

Ich beginne im Osten mit dem Brülisauer Tobel und dem Hohen Kasten. Geht man von Brülisau über den Pfannenstiel in den Tobel, so trifft man am Fussweg, wo er die breiten Wiesen verlässt und

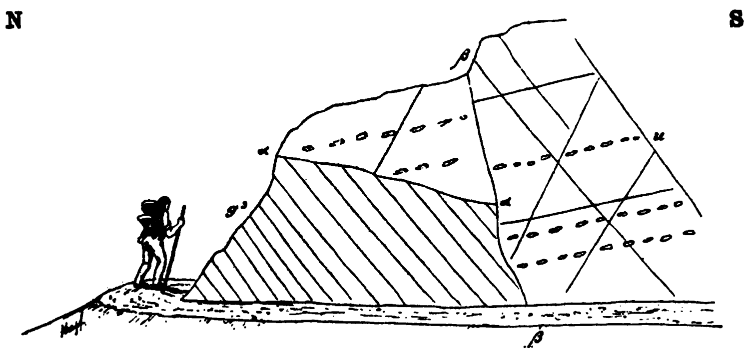


Fig. 14. Lagerung des Schrattenkalkes (*u*) über dem Gault (*g*) am Ausgang des Brüllisauer Tobels. 1 : 100. *α* Ueberschiebungsfläche, *β* jüngere Sprungkluft.

in die Felsen einsteigt, anstehenden Seewenkalk mit einer Neigung von 45° nach Südost, darüber liegt gleichförmig der nächst ältere Gault in einer Mächtigkeit von einigen Metern. Darauf folgt ganz

---

[1] Murchison on the structure of the Alps. Quat. Jour. London 1848 vol. V.

entsprechend den Altersverhältnissen der Schrattenkalk, aber derselbe liegt nicht mehr concordant zum Gault, sondern fällt widersinnig, flach nach NW ein. Er legt sich dem Gault auf einer Fläche auf, die zwar ebenso wie dessen Schichten nach SO aber viel weniger steil geneigt ist, so dass der Schrattenkalk wirklich auf den Schichtköpfen des Gault discordant aufruht. Es handelt sich hier nicht etwa nur um einen sehr grossen losen Kalkblock, der von der Höhe auf den Gault herabgestürzt ist, da man diesen Schrattenkalk ohne Unterbrechung nach Osten bis zu den Hasler Hütten und auch nach Westen, als sich verschmälernde Zunge noch weiterhin verfolgen kann. Schon Escher[1] hat dieses unerwartete Einfallen constatirt. Thalaufwärts hinter diesem Schrattenkalk folgt das Neocom aber wieder mit südlichem Einfallen. In den untersten Schichten, welche fast unmittelbar an den Schrattenkalk anstossen, hat Escher[2] sogar Valenginien erkannt (Fig. 15).

Weiterhin ragen dann über dem Neocom die bis 180 Meter hohen Steilwände des Schrattenkalkes auf, auf denen ebenfalls flach nach Süd fallend Gault und Seewenkalk liegen. Diese Lagerungsverhältnisse beweisen, dass der Schrattenkalk am Ausgang des Tobels, der einstmal mit der grossen Schrattenkalkwand im Zusammenhang gestanden haben muss, auf einem Längsbruch um etwa 200 Meter abgesunken ist und in Folge dessen jetzt mit widersinnigem Fallen an die Schichtköpfe des Valenginien angrenzt. Zugleich ist derselbe aber auch auf einer anderen Verwerfungsspalte auf den jüngeren Gault heraufgeschoben worden. Beide Spalten sind so gerichtet, dass sie sich in ihrer Verlängerung nach unten sehr bald treffen müssen.

Mit der 1100 m Höhen-Curve erreicht der Thalboden das Niveau des hangenden Schrattenkalkes und verengt sich hier wegen der Festigkeit des letzteren bedeutend. Alsbald aber erweitert er sich wieder und tritt gleichzeitig in die weicheren Neocomschichten ein, die auf einer von WSW nach ONO streichenden Spalte um etwa 40 Meter in die Höhe gehoben sind. Es ist beachtenswerth, einen wie bedeutenden Einfluss auch so kleine Dislocationen auf die Gestaltung der Bodenoberfläche gewinnen; und der aufnehmende Geologe wird deshalb letztere selbst, wenn er dabei die nothwendige Vorsicht nicht ausser Auge lässt, als Wegweiser zur Erforschung tektonischer Störungen vortrefflich benutzen können. Erst bei der

[1] Sentis. S. 60.
[2] Beiträge, geol. Karte, Lief. 32. 1893. S. 10.

1200 m Curve schneidet die Thalsohle sich wieder in den hangenden Schrattenkalk ein und verengt sich damit von Neuem zu einer felsigen Schlucht.

Rückblickend erkennen wir den einfachen Bau eines nach Norden überkippten Sattels, dessen südlicher Flügel flach, fast schwebend liegt, während der nördliche überstürzt ist. Die Sattelumbiegung ist nicht mehr erhalten, auf einem Längsbruch ist der Süd- über den Nordflügel heraufgeschoben worden, aber nicht ganz gleichmässig. Die Stirn des Südflügels hat sich von der Hauptmasse ebenfalls durch Bruch losgelöst und blieb bei der Ueberschiebung des Nordflügels eher zurück, so dass auch sie von Süden her überschoben wurde. Der Querbruch im oberen Theil ist jünger als die beschriebenen Vorgänge und hat nur zu einem einfachen staffelförmigen Abbruche der schon gefalteten und überschobenen Gebirgsmasse im Nordosten geführt.

Der hochgelegene Thalboden der Söll-Alp zwischen Hüttenbühl und dem Sämbtiser See wird aus Seewenkalk und -mergel gebildet, ist aber vielfach ganz überschüttet. Wo er an die Kastenkette im SO angrenzt, sieht man an vielen Stellen jene Seewenschichten in verkehrter Reihenfolge, nach SO einfallend anstehen, so dass der Sollboden wahrscheinlich in einer tektonischen Mulde liegt, deren Südost-Flügel aber überkippt ist.

Ein Fusspfad führt im Zickzack zur vorspringenden Westecke des Hohen Kasten herauf. Auf ihm erreicht man zuerst Steilfelsen von Schrattenkalk, der von mässig steil nach SO einfallenden Neocom-Mergeln und -Kalken überlagert wird. Es ist mir nicht gelungen, die Schichtung in diesem Schrattenkalk zu erkennen und so weiss ich nicht, ob, wie es mir den Eindruck gemacht hat, der Schrattenkalk steiler als das Neocom steht, letzterer also nicht auf einer Schichtfläche, sondern auf einer Ueberschiebungsfläche dem ersteren aufliegt.

Die tafelartig gelagerte Masse von Schrattenkalk des Gipfels des Hohen Kasten ruht regelmässig auf den Neocomschichten und wird von Gault und Seewenkalk, auf dem das Wirthshaus erbaut ist, gekrönt. Auf ihrer Westseite aber ist diese Tafel nicht etwa blos durch die Erosion, sondern in erster Linie durch eine Verwerfungsspalte scharf abgeschnitten (Fig. 17). Der Schrattenkalk bildet da eine steil überhängende Wand, an der man horizontale Rutschstreifen noch deutlich wahrnimmt. Sie streicht von N 10° W und fällt steil nach

Osten, wobei sie sich auf die im Westen anstehenden Neocommergel auflegt. Durch einen horizontalen Schub nach Norden sind also hier die südfallenden jüngeren Schichten der östlichen Gebirgsscholle in das Niveau der älteren Schichten der Westscholle gerückt worden. Der Betrag dieses Vorschubes kann noch besser aus der Verschiebung steilgestellter Glieder erkannt werden, wofür sich in unserem Falle die Wand von Schrattenkalk eignet, welche dem überkippten Muldenflügel der Söll-Alp angehört. Aus dem beigedruckten Kärtchen (Fig. 18)

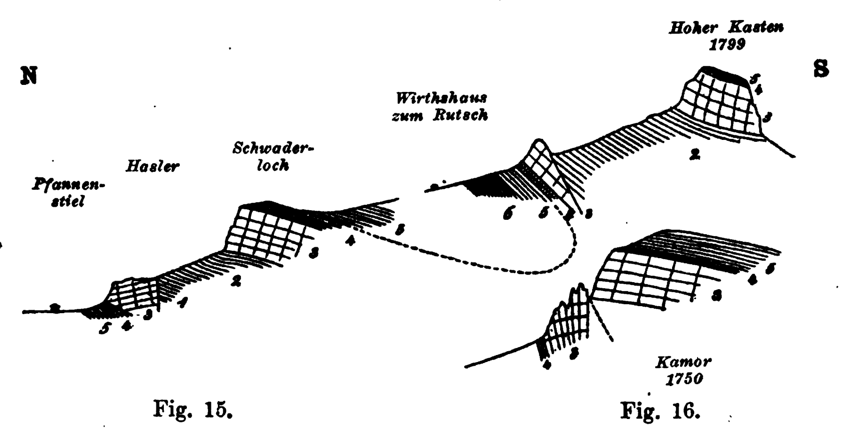


Fig. 15. Profil durch den Alpsiegelsattel und den südlichen Sattel des Hohen Kasten. Der Zusammenhang beider durch eine Mulde ist nur durch eine punktirte Linie angedeutet, weil er von Schutt bedeckt ist und die Profillinie des südlichen von der des nördlichen Sattels um 1 km nach Osten verschoben ist.

Fig. 16. Die Profillinie des Kamor schneidet den Kasten-Sattel etwas weiter ostwärts als in Fig. 15. 1 Valenginien, 2 Neocom, 3 Schrattenkalk, 4 Gault, 5 Seewenkalk, 6 Seewenmergel. 1 : 25,000.

kann durch sie der Vorschub auf etwa 200 m berechnet werden. Auch hier ist diese Bewegung für die Gestalt des Berges von grosser Bedeutung gewesen. Indem die ursprünglich zusammenhängende Steilwand in Stücke zerlegt wurde und diese Stücke sich coulissenartig verschoben, öffnete sich von selbst gerade hier thorartig ein Raum, auf dem die weicheren Neocomschichten mit dem Seewenkalk in directe Berührung kamen. An diesem Punkte nun konnte ungehindert die Erosion ihr Werk beginnen und schuf ein sanft geneigtes Wiesengehänge, auf dem jetzt der Touristenweg in bequemen Windungen auf den Gipfel des Berges heraufführt, während rechts und links der Schrattenkalk in hohen Mauern aufragt, die jeden Zugang zu verwehren scheinen. Die Bresche, welche durch Gebirgsbewegungen auf diese

Weise in jene Mauer gelegt worden ist, haben Topographen und Bergsteiger von jeher richtig erkannt und ausgenützt. Nur die Geologen, die sonst so gern und leicht die Nachlässigkeiten der Topographen ans Licht bringen, müssen diesesmal bescheiden schweigen, denn sie haben die Winke, die ihnen die Natur selbst zu geben schien, ganz missverstanden und den Schrattenkalk in durchaus schematischer Weise als gleichmässiges Band über diese Bresche hinweggezogen.

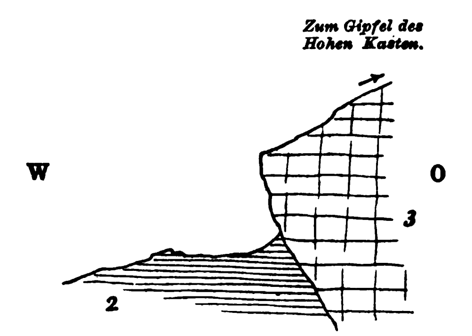


Fig. 17. Durch eine Querverschiebung auf einer nach O geneigten Kluft ist der Schrattenkalk (3) scheinbar wie durch einen verticalen Sprung in das Niveau des Neocomes (2) herabgesunken; in Wirklichkeit war aber die Bewegung eine horizontale Querverschiebung, wie die an der überhängenden Kalkwand erhaltenen Rutschstreifen beweisen.

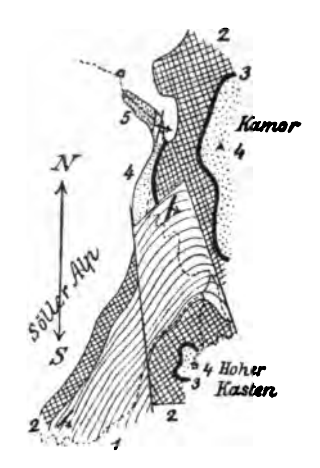


Fig. 18. Geologische Kartenskizze des Hohen Kasten und Kamor. 1 : 25,000. 1 Neocom, 2 Schrattenkalk, 3 Gault, 4 Seewenkalk, 5 Seewenmergel (Wangschichten).

Gerade von dieser, hier in Betracht gezogenen Scholle habe ich einen Durchschnitt in Fig. 15 gezeichnet, aus dem ersichtlich wird, dass der Seewenmergel (Senon), Seewenkalk (Cenoman), der 10 m mächtige Gault (40° Ost fallend) und der Schrattenkalk (Urgon) im Norden alle überkippt sind, also verkehrt übereinander liegen; weiter folgen hierüber, aber, mit veränderten Streichen und 55° nach NO fallend, die Neocomschichten, welche am Gipfel des Hohen Kasten gleichförmig vom Schrattenkalk, Gault und Seewenkalk bedeckt sind. Die Grenze zwischen dem überstürzten Schrattenkalk und dem normal gelagerten Neocom ist keine gleichförmige, sondern verläuft auf einer Fläche, welche die Kalkbänke schräg zu ihrem Streichen abschneidet, wie das auf der kleinen Kartenskizze (Fig. 18) sehr deutlich hervortritt. Der Grundplan ist also unverkennbar der eines nach Norden überscho-

benen Sattels, der aber von einer schief gestellten Bruchfläche, die mit der Streichrichtung der Schichten einen spitzen Winkel bildet, durchsetzt wird. Auf dieser Fläche ist der Südflügel über den Nordflügel heraufgepresst oder, wenn man lieber will, der letztere unter den ersten heruntergeschoben worden. Ganz ähnlich liessen sich vielleicht die schon erwähnten, aber noch nicht genügend klargestellten Verhältnisse auf der Westseite am Hohen Kasten deuten. Sicher gilt dies für die Nordwest-Wände des Kamor, wo (Fig. 16) die von Seewenkalk und Gault gekrönten Schrattenkalke in fast ganz horizontaler Lagerung plötzlich und unvermittelt an die vertikal gestellten Bänke gleichen Alters anstossen.

Noch weiter nach Nordosten verflacht sich der Gebirgskamm und Schichtensattel, jenseits einer erneuten Querverschiebung, rasch. Die Kamoralp liegt auf söhligem Seewenkalk, der sich gegen den Fähnern hin zwar steiler senkt, aber ohne dass dabei noch ältere Schichten zum Vorschein kommen. Bemerkt mag sein, dass der Seewenkalk anstehend bis zum Rossberggatter reicht, also ein gut Stück weiter nach NW, als es die Escher'sche Karte angibt. Sodann folgt aber nicht der Flysch darauf, sondern sehr mächtig entwickelte Kreidemergel, die ich bisher schon als Seewenmergel bezeichnet habe, die aber im Sinne Escher's als Wangschichten zu gelten haben. Es sind graue, weiche Mergel voll kleiner Foraminiferen und verhältnissmässig vielen, aber meist zerbrochenen Inoceramenschalen. Escher hatte die Selbstständigkeit derselben als eines obersten Kreidehorizontes schon erkannt, bei seinen früheren Aufnahmen dieselben aber nicht besonders auf der Karte ausgeschieden. Mösch gab an, dass sie auf der Karte noch im Seewenkalk mit einbezogen seien, dies ist aber nur zum geringsten Theil der Fall. Das meiste davon ist als eocäner Flysch cartirt und in Folge dessen muss sich dieser eine sehr starke Reduction gefallen lassen. Von der äusseren Grenze des Seewenkalkes breiten sich diese Wangschichten bis zum Riss beim Langgschwend aus, bilden also eine über 600 m breite Ausstrichzone (Fig. 19). Sie sind dabei mehrfach gefaltet und an zwei kleinen Stellen liegen auf dem Höhenkamme der Wasserscheide noch kleine Denudationsreste des eocänen Flysches auf. Ebenso legt sich nördlich des Riss der echte Flysch in fast horizontalen Bänken auf die Kreidemergel, schwillt dann aber am Fähnern selbst zu bedeutender Mächtigkeit an, so dass unter dieser starken Decke die Kreide erst auf der Nordseite in Folge ihres flach muldenförmigen Baues wieder zum Vorschein kommt. Der Flysch ist im allgemeinen sehr arm an Ver-

steinerungen, wenn man von den allerdings nicht seltenen Fucoiden oder Chondriten absieht. Aber er schliesst in dieser Gegend, und wie es mir erschien, besonders in den untersten Flyschlagen, einzelne sehr glauconitreiche Bänke ein, die stellenweise von Numuliten und auch anderen Versteinerungen, die aber alle auf mittleres Eocän hinweisen, erfüllt sind. In den schon erwähnten kleinen Flyschresten südlich des Riss bei Langgschwend hat Escher einen Numulitenkalk mit *Terebratula alpina* gefunden, während ihm auch in den darunterliegenden Kreideschichten die Inoceramen nicht entgingen. Auf der Karte hat er letztere als Seewenkalk eingezeichnet, was indessen ganz unrichtig ist, da es dieselben Wangmergel sind, die

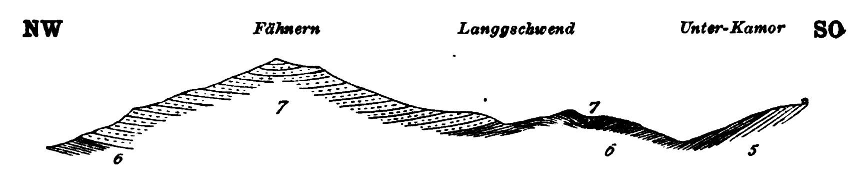


Fig. 19. Profil von der Unter-Kamor-Alp nach dem Fähnern, um die wahre Verbreitung der Wangschichten und ihre Grenze gegen den eocänen Flysch anzuzeigen. 1 : 25,000. 5 Seewenkalk, 6 Wangschichten, 7 Flysch zu unterst mit Nummuliten-Bänken.

ringsherum anstehen und die er für Flysch nahm. In dem Flysch selbst habe ich die Nummuliten nicht wiederfinden können, wohl aber versteinerungsleere glauconitreiche Bänke, deren versteinerungsführende Theile wohl schon von anderen Sammlern mögen weggetragen worden sein. Von hervorragender Wichtigkeit sind diese Stellen aber deswegen, weil hier die Grenze zwischen Kreide und Flysch sehr gut aufgeschlossen ist und die Gesteine beider Stufen sehr leicht auseinander gehalten werden können. Der Kreide fehlen die Sandsteinbänke und die schwarzen harten Schiefer, die häufig voll von den zierlichsten Chondriten stecken, ganz ebenso der Glauconit. Was man von chondritenartigen Gebilden auch in der Kreide findet, ist niemals so scharf contourirt und so zierlich gebaut. Eine Discordanz der Lagerung tritt durchaus nicht hervor, trotzdem man eine solche wegen des Fehlens des unteren Eocänes erwarten sollte.

2. Wildhaus.

Obwohl die richtige Abgrenzung der Wangschichten vom tertiären Flysch für unsere tektonischen Erörterungen von geringem Belang ist, so kann ich mir es doch nicht versagen, die Aufschlüsse, welche

der Simmitobel bei Wildhaus im Toggenburgischen, auf der Südseite des Sentisgebirges, bietet, in Kürze zu schildern, weil dieselben bisher nicht ganz richtig dargestellt worden und für die Altersbestimmung des Flysches von erhöhter Bedeutung sind.

Folgt man von Egg aus dem Laufe des Simmibaches bis zur Lochmühle bei Wildenburg, so durchschreitet man die in Fig. 20 dargestellten Gesteinsschichten. Zuerst steht in steilen, nach SW einfallenden Bänken der Schrattenkalk an, auf ihn folgt der 20 m mächtige Gault. Er ist hier petrographisch von demjenigen beim Hohen Kasten recht verschieden und könnte leicht für Flyschsand-

NW SO

Brücke Wasserfall Wildenburg

Fig. 20. Profil längs des Simmibaches bei Wildhaus (Toggenburg), um die Auflagerung des Nummulitenkalkes auf den Wangschichten zu zeigen. Darunter ein älteres Parallelprofil nach Escher-Mösch. 1 : 12,500. 3 Schrattenkalk, 4 Gault, 5 Seewenkalk, 6 Wangschichten, 7 Nummulitenkalk (Eocän).

stein genommen werden, wie es Escher wenigstens anfänglich gethan hat. Es ist ein dickbankiger Sandstein mit vielen weissen Glimmerblättchen und ohne Glauconit, der von schieferigen, sandigen, kalkreichen Platten mit grossen „Fucoid"-Abdrücken überlagert wird. Im Sandstein ist eine Austern- und eine Crinoidenbank eingelagert, wie sie im Flysch nie vorkommen.

Darüber folgt der Seewenkalk, etwa 100 m anstehend, bis er unter einem grösseren Wasserfall verschwindet. Auf etwa 150 m fehlen Aufschlüsse, dann treten die weichen Wangschichten am Gehänge hervor und zeigen hinter der Lochmühle grosse Inoceramenschalen. Unterhalb der Mühle steht nahe der Thalsohle derselbe Schiefer, aber mit widersinnigem, nördlichen Einfallen an, was für eine muldenförmige Umbiegung derselben spricht. Dazwischen, aber

höher am Berggehänge ragt ein gewaltiger Kalkklotz auf, den die Schlossruine krönt. Er besteht durchaus aus mitteleocänem, sehr versteinerungsreichem Kalkstein, der sich hier also gerade in die Kreidemulde hineingelegt hat. Die directe Ueberlagerung ist durch eine verwachsene Schuttböschung nur auf wenige Meter verdeckt. Eigentlicher Flysch kommt hier also gar nicht vor; was auf der Escher'schen Karte als solcher eingetragen wurde, ist alles Kreidemergel. Escher's Auffassung, wie sie auf der von ihm selbst entworfenen Karte hervortritt, wird ganz correct, sobald man zugibt, dass er die senonen Kreidemergel hier in ihrer ganzen Mächtigkeit mit in das Eocän einbezogen hat, wie dies ja auch für den Fähnern gilt. Mösch hat im Profil 116 der Sentis-Monographie eine Zeichnung Escher's reproducirt, die offenbar einer früheren Periode angehört und in welcher im Widerspruch mit der späteren Karte der Gault am Simmibach als Eocän aufgefasst worden ist. Es wäre diese Copie wohl besser unterblieben.

Erst weiter im Süden auf den ansteigenden Gehängen der Churfirsten konnte ich echten Flysch anstehend entdecken. Er bildet hier eine 2—3000 m breite Ausstrichzone, die aber durch alluviale Aufschüttungen und Versumpfungen vielfach verdeckt ist. Jenseits derselben streichen mit nördlichem Einfallen ganz normal erst die Wangschichten, dann Seewenkalk, Gault und Schrattenkalk aus, die gegen Süden bis zum Kamm der Churfirsten sich erheben und die Thalniederung des Toggenburgischen als eine breite Kreidemulde erkennen lassen, in die sich als jüngstes Glied der Flysch mit sammt seinem Nummulitenkalk eingelagert hat.

Hieraus ergibt sich im Allgemeinen, dass der echte Flysch mit seinen feinerdigen Schieferplatten, die voll von *Chondrites Targioni* und *furcatus* sind und seinen Sandsteinbänken im Sentisgebiet stets über den senonen Inoceramen und Foraminiferen führenden Mergeln oder Wangschichten liegt. Aus letzteren stammen wahrscheinlich die Kreidepetrefacten, die Meyer-Eymar als faune miraculeuse vom Fähnern beschrieben hat. Der Flysch selbst gehört ausschliesslich ins Tertiär, seine untersten Schichten jedenfalls ins Mittelmiocän, wie aus den eingelagerten Nummulitenbänken hervorgeht. Die oberen Schichten mögen noch jünger sein, doch liefert hierfür der Sentis keine Anhaltspunkte. Von Unter-Eocän ist an den von mir besuchten Stellen nichts zu bemerken, aber ebensowenig erkennt man eine discordante Lagerung,

die also jedenfalls, wenn sie überhaupt vorhanden ist, sehr schwach ausgeprägt sein muss.

3. Die Marwies.

Zu den merkwürdigsten Querschnitten, die uns Escher gegeben hat, gehören jedenfalls die durch die Marwies gelegten. Sie zeigen drei tiefe, aber eng zusammengepresste, stehende Mulden, die von Süd nach Nord aneinandergeschoben sind. Auf der Karte lässt sich das Detail der Profile nicht immer in allen seinen Theilen recht wiedererkennen, und als ich mir den frei daliegenden Berg von der Höhe der Ebenalp aus betrachtete, stiegen mir viele Bedenken an der Richtigkeit der Profile auf, so dass ich zu deren Beseitigung einen Besuch des Berges zu unternehmen beschloss. Ich schlug zunächst den gewöhnlichen Touristenweg vom Weissbad bis zur Hüttenalp ein. Schon hier fiel mir auf, dass von Katzensteig an dieser Weg fast genau auf einer Verwerfungsspalte hinläuft, was die Karte gar nicht angibt. Der Weg hat eine südliche Richtung, während die Kreideschichten von NO nach SW, also quer über den Weg streichen und nach SO also in den Berg einfallen. Auf der östlichen Seite des Weges ist es Schrattenkalk, der aber in hohen steilen Felswänden dicht am Weg sein Ende erreicht hat. In der Fortsetzung des Streichens auf der Westseite des Weges stehen weniger hohe Felswände an, aber sie bestehen aus Seewenkalk, der auf der Höhe der Hüttenalp-Terrasse von Wangschichten bedeckt wird. Diese obersten Kreideschichten sind hier also auf einem Querbruch abgesunken und in das Niveau des älteren Urgon verworfen worden. Während sie nur etwas aufgerichtet, sonst aber ganz normal liegen, ist das östliche Urgon überstürzt und der jüngere Gault ist unter ihm liegend weiter im Norden von Escher nachgewiesen worden. Im Süden dieses Schrattenkalkes trifft man herauf bis zum Mar nur Neocom, aber stets mit nordwestlicher also widersinniger Neigung; auf der Höhe des Gabelschütz biegt sich dasselbe sattelförmig nach Süden um, und hier liegt dann auch normal eine dicke Tafel von Schrattenkalk über demselben.

Leicht erkennt man in dieser Anordnung am Westende des Alpsiegels den Bau wieder, den uns der Brülisauer Tobel oder das Ostende des Alpsiegels früher schon gezeigt hat: ein flachgewölbter, weitgespannter Sattel ist vom Süden her über die überkippte Wurzel seines eigenen Nordflügels heraufgeschoben. Dieser überkippte und überschobene Sattel stösst nun am Hüttentobelweg seitlich

an eine Kreidemulde an und diese seine jetzige Lage erfordert zu ihrer Erklärung einen erheblichen horizontalen Schub nach Norden.

Die nördlichen Steilwände bei der Hüttenalp gehören dem südfallenden Nordflügel der Mulde an. Der Südflügel ist zunächst verschüttet, aber höher oben am Gehänge ragt eine Mauer von ganz flach nach Süden geneigtem Schrattenkalk auf, welcher von Neocom überlagert wird. Letzteres bildet das breite Wiesenband, auf dem die Gloggern-Alp liegt. Der Südflügel ist also überkippt und wir müssen, wenn schon die muldenförmige Umbiegung verdeckt ist, auf eine isoclinale, nach Norden umgestürzte Mulde schliessen.

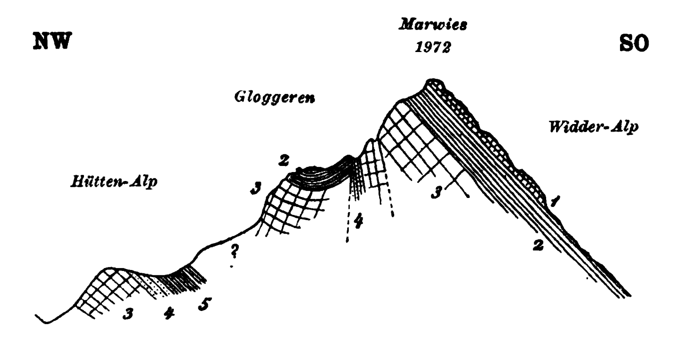


Fig. 21. Querprofil durch die Marwies. Der nordwestliche Theil bis zu ? ist nach der Karte Escher's, der südöstliche Theil nach eignen Aufnahmen entworfen. 1 : 25,000. 1 Valenginien, 2 Neocom, 3 Schrattenkalk, 4 Gault, 5 Seewenkalk.

Im Hintergrund der Gloggernalp ragt eine neue Felsmauer bis zur Höhe des Marwieskammes auf. Die Krönung derselben besteht aus ziemlich steil nach SO geneigtem Valenginien, einem Kalkstein der *Pecten Escheri* führt. Darunter streicht das Neocom aus, das selbst auf dem Schrattenkalk liegt, welcher die oberste unersteigliche Felswand der Marwies aufbaut. Am Fusse dieser Mauer und über den Wiesen der Gloggernalp macht sich weithin sichtbar noch im Schrattenkalk selbst der Ausbiss einer Verwerfungsspalte geltend, auf welcher der obere sanfter geneigte über sehr steilgestellten Schrattenkalk heraufgeschoben worden ist. Es ist bei diesem Schub recht gewaltsam zugegangen, wie die kleine Gaultscholle am Fusse der Nordwestwände der Marwies gegen die Mar hin beweist, die dabei mitten in den Schrattenkalk hineingestossen worden ist.

Jener untere, steiler gestellte Schrattenkalk ist aber ebenfalls

überkippt, was das schmale Gaultband verräth, welches unter ihm in concordanter Lagerung zum Vorschein kommt und das unmittelbar an die Neocomschichten der Gloggernalp aber in discordanter Lagerung anstösst. Letztere biegen sich nahe diesem Contact aus ihrer südlichen Neigung auf und fallen nach Norden, was aber eine nur locale Schleppungserscheinung sein dürfte, die bei der von Süden her erfolgten Ueberschiebung leicht eintreten musste.

Wir sehen also, dass das ganze Nordgehänge der Marwies aus verkehrt liegenden überkippten Kreideschichten aufgebaut wird, die alle mehr oder weniger steil nach Süden einfallen, aber in Folge von zwei sie durchschneidenden Längsbrüchen eine dreifache Wiederholung in der Weise zeigen, dass jedesmals die südlichere Masse über die nördliche ein Stück weit heraufgeschoben wurde. Ob die Schubflächen sehr steil stehen oder flach nach Süden geneigt sind, liess sich jedoch nicht fesstellen.

Eine andere Deutung dieser Lagerungsverhältnisse ist kaum möglich. Wir müssen die Marwies als den südlichen Flügel der Hüttenmulde betrachten, der aber auf eine sehr tief ins Gebirg eingreifende Mulde schliessen lässt. Zu erwarten bleibt dabei, dass dieser Flügel nach Süden in einen Sattel übergeht und dessen Nordflügel darstellt. In Wirklichkeit zeigt das Südgehänge der Marwies für diese Auffassung günstige Thatsachen, auf die ich indessen hier nicht näher eingehen will.

Wie verschieden aber ist dieses Bild von demjenigen, das uns Escher gegeben hat, der da, wo wir nur eine liegende Mulde gefunden haben, drei stehende Mulden und drei Sättel in sein Profil einzeichnet! Dass sich seine Auslegung nicht auf beobachtete Thatsachen gründet, geht mit Gewissheit schon daraus hervor, dass saigere Schichten hier überhaupt gar nicht vorkommen.

Blicken wir jetzt nochmals auf die Verschiebung beim Hüttentobel zurück, welche den Alpsiegelsattel von der Hüttenmulde trennt, so wird es recht wahrscheinlich, dass der ebenfalls überkippte Sattel, der sich auf dem Südgehänge der Marwies gegen die Widdersalp hin bemerkbar macht, ursprünglich mit dem Alpsiegelsattel zusammenhing und von demselben erst durch den nördlichen Vorschub des Alpsiegels auf jener südnördlichen Bruchspalte getrennt worden ist. Dem entsprechend bemerkt man auch, dass wirklich diese Spalte mit ihrer südlichen Verlängerung bei Bogarten den überkippten Marwiessattel

im Westen, von dem First des Alpsiegelsattels im Osten, den der Gabelschutz darstellt, auseinander schneidet. Die Trennung wird durch eine etwa 30 m breite tiefe Scharte bewirkt, deren seitliche steile, glatte Wände Verwerfungsspalten sind. Diese Scharte setzt sich dann nach Süden als breite Furche das Gehänge herab bis auf den Boden des Sämbtiser Thales fort und steigt mit einer geradezu verblüffenden Regelmässigkeit, immerfort seitlich von Steilwänden scharf begrenzt, auf dem jenseitigen Gehänge wieder hinan bis zum unteren Ende des Fählensees. Auch von dort ist ihr weiterer Verlauf bis zur Saxerlucke noch orographisch auf das Schärfste markirt. Mit ganz geringen Abweichungen ist der Verlauf dieser Verwerfungsfurche vom Hüttentobel bis zur Saxerlucke auf eine Erstreckung von beinahe 3 Kilometer genau von Norden nach Süden gerichtet, aber ich vermuthe, dass er in dieser Richtung auch noch weiter nordwärts sich verlängert. Die kleine eocäne Mulde zwischen dem Escherfelsen und Schwendi wird von dem flachen Sattel der Bommen-Alp durch eine Querverwerfung getrennt, gerade auf die Verlängerung der Saxenlucker-Bogarten Spalte fällt. Mangel an Zeit hat mich verhindert, diese Stelle so genau zu untersuchen, als es nöthig ist, um hierüber eine ganz bestimmte Ansicht zu äussern.

Was der Bogarten-Saxenlucker Querverschiebung ein so besonderes Ansehen verleiht, ist die breite Furche, die sie auf der Oberfläche des Berges erzeugt hat und die zu verwischen der Erosion noch fast gar nicht gelungen ist. Es lässt das auf ein sehr jugendliches Alter derselben schliessen, während die Ursache der Furche selbst in dem Auftreten von zwei parallelen Hauptspalten in geringer Entfernung von einander gesucht werden muss.

4. Die nördliche Sentiskette.

Wenn wir diese Kette, welche bei Schwendi ihr nordöstliches Ende erreicht, von Weissbad aus betreten, so stellt sie sich uns auf der Bommen-Alp als ein weit gespanntes Kreidegewölbe dar. Der flache breite First bildet die plateauartige Hochalp und senkt sich südostwärts langsam ins Schwendithal hinab, während er auf der Nordseite sich so plötzlich völlig senkrecht stellt, dass man dabei auf die Mitwirkung eines Längsbruches rathen möchte. Der Boden der Alp besteht aus flach gelagertem Schrattenkalk, dem stellenweise Gault und Seewenkalk noch aufliegen. Im Westen erheben sich die über 200 m hohen Steilwände der Ebenalp. Sie ruhen auf einem Sockel von Neocomschichten, die sich entsprechend dem sattelförmigen

Baue nur langsam nach Norden senken. Dieser Sockel liegt genau so hoch wie die obersten Schichten, der Gault und Seewenkalk der Bommen-Alp, so dass beide unvermittelt aneinander stossen und der Weg, der von der Alp zum Wildkirchlein führt, unversehens aus dem Seewenkalk in das Neocom gelangt. Auf diesem Neocomsockel, der mässig flach geböscht ist, ruht die ungefähr 200 m starke Tafel des Schrattenkalkes, auf deren z. Th. auch noch von Gault und Seewenkalk bedeckten Oberfläche die Ebenalp liegt. Gegenüber dieser sind die Schichten der Bommenalp um 300 m abgesunken und zwar auf einer Verwerfungsfläche, welche ungefähr N 20° W streicht und 50° NO einfällt. Die Fläche selbst ist zwar nirgends zu sehen und zu messen, aber wenn man ihre Schnittlinie mit der Bergoberfläche genau auf die Karte einträgt, so erhält man eine nach NO offene unregelmässige Curve, aus der man unter Annahme einer ebenen Spalte die angeführten Werthe berechnen kann. Diese Schnittlinie beginnt ungefähr 100 m östlich der Dornesseln, hat zunächst eine südliche Richtung, läuft dann in einem Abstand von etwa 70 m der Wildkirchlein-Wand parallel und senkt sich, nachdem sie die Plateauhöhe überschritten hat, rasch über Rüti nach Katzensteig zu und trifft wahrscheinlich unter den Thalalluvionen mit der schon erwähnten Saxenlucker-Bogarten Spalte zusammen. Ich glaube aber nicht, dass sie als die eigentliche nördliche Fortsetzung jener betrachtet werden darf, denn sie gehört einer ganz anderen Art von Verwerfungen an. Sie ist ein eigentlicher Sprung, wobei wahrscheinlich in rein vertikaler Richtung eine Senkung auf

Fig. 22. Längsprofil durch den östlichen Theil der vorderen Säntiskette, zur Veranschaulichung der Querbrüche. 1 : 25,000. 2 Neocom, 3 Schrattenkalk, 4 Gault, 5 Seewenkalk.

schief geneigter Fläche stattgefunden hat, während die Bogarten-Verwerfung zu den Verschiebungen oder Blättern gehört, und vielleicht zu gar keiner vertikalen Senkung wohl aber zu einer horizontalen Verschiebung von vielleicht mehreren Hundert Metern Veranlassung gegeben hat.

Der Weg von der Ebenalp über den Ziesler zur Klus-Alp führt uns über einen zweiten derartigen Sprung, der ebenfalls orographisch durch die höhere Lage des Ziesler gekennzeichnet ist. Diese Spalte hat wiederum eine nordnordwestliche Richtung und senkt sich nach NO, aber wohl steiler als die Wildkirchlein-Spalte. Die Sprunghöhe dürfte höchstens 100 m betragen. Vom Ziesler bis zum Schibler erstreckt sich die ganz flach gewölbte Decke von Schrattenkalk ohne Unterbruch; nur die Erosion hat von aussenher einige circusartige Buchten in dieselbe eingefressen und dabei auch die liegenden Schichten des Neocomes entblösst (Gartenalp und Läptigschrennen oberhalb Hinter-Weesen-Alp). Nach Südosten endet jene Kalkdecke an den jähen Berggehängen mit steilen Wänden und liegt nur ab und zu noch in einzelnen grösseren Bruchstücken denselben, entsprechend dem Gewölbebau mit südöstlicher Neigung, auf. Die Erosion war hier thätiger als auf dem First und hat überall schon die Neocomschichten entblösst. Auf Escher's Karte sind der Schibler irrthümlich als Neocom, die Läptigschrennen als Schrattenkalk eingetragen. Umgekehrt wäre richtig.

Der Schrattenkalk des Schibler endet im Westen an einer sehr auffallenden hohen, vom Schäfler her nach S 10° O streichenden Steilwand. Das ist eine bedeutsame Grenze, jenseits welcher nur noch steil nach Süden geneigte Neocomschichten angetroffen werden. Sie streichen gerade auf die Wand los und charakterisiren diese dadurch als ein Blatt. Die Neocomschichten selbst legen sich auf der Höhe des Gebirgskammes bei den Läden auf Schrattenkalk und beweisen damit ihre verkehrte Lagerung.

Durch die Querverschiebung der Schäfler-Wand sind also die normal und flach gelagerten Schichten im Osten an steil und verkehrt gestellte im Westen angeschoben worden. Auch hier wie am Hüttentobel ist die östliche Scholle gegenüber der westlichen nach Norden vorgerückt, denn der Schrattenkalk der Läden ist der Nordflügel eines nach Norden überkippten Sattels, zu dem der Schrattenkalk des Steckenberges den Südflügel bildet. Der Schibler gehört aber zu einem Gewölbe, dessen Nordflügel viel weiter nördlich unterhalb der Höhe des Gebirgskammes zu suchen ist.

Etwas weiter im Westen an der Lötzlisalp verwickeln sich die tektonischen Verhältnisse durch den Zutritt einer Längsverwerfung, welche in ganz vertikaler Richtung den nach Norden überstürzten, isoklinalen Sattel nachträglich durchschnitten und zu einer Senkung seines nördlichen Firststückes geführt hat. Von letzterem ist aber

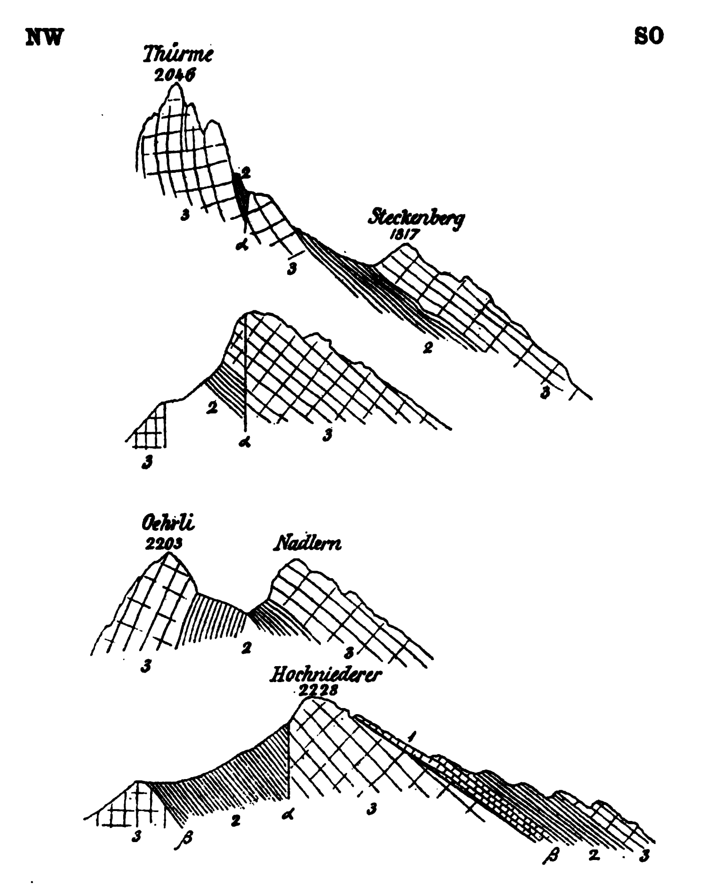


Fig. 23. Vier Querprofile durch die vordere Sentiskette zwischen Altenalp und dem Hühnerberg, zur Veranschaulichung der Längsbrüche (α) und Ueberschiebungen (β), welche den nach NW überkippten Sattel durchsetzen. 1 : 12,500.
1 Valenginien, 2 Neocom, 3 Schrattenkalk.

nur noch der liegende Flügel erhalten, alles andere durch Erosion zerstört worden, während von den südlichen und tieferen Satteltheilen noch beide Flügel da sind. Escher hat sich viel Mühe gegeben, diese allerdings sehr verwickelte Stelle zu deuten, aber da er immer bestrebt war, alle Verwickelungen allein auf Faltung zurückzuführen,

so konnte er hier zu keinem brauchbaren Ergebniss gelangen. Er hat verschiedene hypothetische Profilzeichnungen hinterlassen, von denen Mösch einige (47—51) veröffentlicht hat. Auf einer Skizze werden zwei überkippte Mulden mit einem zwischenliegenden Sattel, auf einem anderen (48) nur ein überkippter Sattel angenommen, was der Wahrheit am nächsten kommt. Letzteres Profil ist auch insofern von Bedeutung, weil es uns lehrt, dass Escher sich doch zuweilen gezwungen fühlte, das Vorhandensein von Längsbrüchen anzunehmen. Er hat nemlich im Norden der Thürme einen solchen eingezeichnet, auf den ich jedoch nicht näher eingehen kann, da er schon ausserhalb des hier besprochenen Gebietes liegt.

Sobald man über die Neocomschwelle der Riesenpforte getreten ist, als deren Thürpfosten die hohen, aus Schrattenkalk geformten „Thürme" beiderseits aufragen, steht man einer vollkommen veränderten Scenerie gegenüber. Ein 200 m breites und 1 Kilometer langes Hochthal, die sog. vordere Oehrligrube, senkt sich langsam mit seiner Neocomsohle aus OSO gegen uns herab. Auf beiden Seiten ist es von hohen Schrattenkalk-Wänden eingeschlossen, die nur im Nordosten zu einer niedrigen Umfassungsmauer herabsinken, so dass man, auf dem hochgelegenen Thalboden (1900 m) stehend, bequem über sie hinweg wie von einem hohen Söller auf die am Fusse der um 600 m abfallenden steilen Gebirgswand sich ausbreitenden grünen Boden des Apenzeller Landes hinausschaut. Es ist ein ebenso lieblicher als unerwarteter Anblick, den wir einer plötzlichen Veränderung in den tektonischen Verhältnissen verdanken. Auf der langen und hohen Felswand, mit welcher die Mesmer Thürme oder die „Hängeten" der Karte im NO ihr jähes Ende finden, und die ein auffälliges Gegenstück zur Schäfler-Wand bildet, hat ebenfalls eine Querverschiebung aber aus SO nach NW stattgefunden. Die Oehrligrube liegt im SW dieser Verwerfungskluft und besteht tektonisch aus einem nur noch wenig nach Norden überhängenden Sattel. Der Nordflügel steht nemlich ganz vertikal und legt sich gegen das Oehrli hin, sogar immer flacher, so dass er dort mit dem nach Süden geneigten Südflügel eine regelrechte Antiklinale bildet. Die Oehrligrube selbst ist also gerade in den First dieses Gewölbes eingegraben. Beachtenswerth ist es nun, dass die Querverschiebung, welche längs der beschriebenen Lötzli-Wand stattgefunden hat, diesesmal nicht den östlichen, sondern den westlichen Theil nach Norden vorgeschoben hat, so dass der Nordflügel um mehr als 100 m auseinander gerückt und der Südflügel des Westens an den Nordflügel des Ostens heran-

geschoben worden ist. Der Gegensatz beider Gebirgsstücke besteht ferner noch darin, dass im Westen ein beinahe stehender, im Osten ein stark überhängender Schichtensattel entwickelt ist. Auf diese Weise wird im Westen der Bau demjenigen wieder ähnlicher, welcher im Osten der Schäflers-Wand der herrschende war.

Jener Längsbruch, der, wie wir auf Fig. 23 sehen, den überkippten Sattel der Altenalp auf der Südseite der Thürme vertikal durchschneidet, scheint in seiner Richtung ungestört über die Querverschiebung der Lötzli-Wand herüber zu setzen, denn wir treffen genau in seiner Verlängerung auch einen saigeren Längsbruch am Nordfuss der Messmer Thürme. Dieses Zusammentreffen ist indessen doch wohl nur ein zufälliges, denn in der Altenalp-Scholle ist die nördliche, in der Messmer-Scholle die südliche Gebirgsmasse an dem Längsbruch abgesunken. Man müsste also eine Art von Schaukelbewegung annehmen, wollte man die Zusammengehörigkeit der Spalte aufrecht erhalten, wofür aber keinerlei Thatsachen sprechen.

Jener Längsbruch am Südfuss der Messmer Thürme ist vortrefflich aufgeschlossen und weithin sichtbar, er folgt der nördlichen Steilwand des Hängeten in westsüdwestlicher Richtung bis zum Hochniederer, wo er wiederum in ausgezeichneter Weise entblösst ist. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass er mit der eigenthümlichen Lage des Längsthales der Oehrligrube auf dem Kamme eines Schichtensattels in genetischem Zusammenhang steht. Warum aber sind solche wichtige tektonische Verhältnisse, die an einem sehr begangenen Touristenweg aufgeschlossen eigentlich niemanden entgehen können, bisher immer mit vollkommenem Schweigen übergangen worden?

Der Sentispfad verlässt am Muschelberg, der nach dem Reichthum der Neocomschichten des Südflügels an Versteinerungen, insbesondere Austern und Rhynchonellen, benannt ist, die Oehrligrube und überschreitet die Schichtköpfe des hangenden Schrattenkalkes, in dem einige mergelreichere Bänke eingeschaltet sind, die viele Gehäuse der *Terebratula Sella* Sow. einschliessen. Lange schreitet man so fort, immer über jüngere Schichten hinweg und erwartet minütlich den Gault zu erreichen. Er kommt aber nimmermehr, vielmehr stehen wir plötzlich in der alleruntersten Kreide, dem Valenginien mit seinen charakteristischen, sandig kieseligen Kalkbänken und der grossen verkieselten *Vola atava.* Weiter liegt das echte Neocom darüber und alles dies hat anscheinend gleiches Streichen und Fallen, wie der Schrattenkalk darunter. Schuppen-

förmig liegt das Aelteste auf dem Jüngsten und die Auflagerungsfläche entspricht wahrscheinlich ungefähr einer Schichtfläche. Schon Escher hat diese anomale Auflagerung constatirt und noch weiter ostwärts bis zur Lötzlisalp verfolgt, wo sie wahrscheinlich an der besprochenen Querverschiebung endet. Wer das Alter der Schichten zwischen dem Muschelberg und der Rossegg nicht kennt, würde sicher glauben müssen, dass alles ganz ungestört und normal liegt und dass das Valenginien jünger als der Schrattenkalk ist. Kann man aber diese Thatsachen anders erklären als durch Annahme einer Ueberschiebungsfläche, welche wie die Schichten selbst nach Süden geneigt ist?

Verfolgt man die ältesten Kreideschichten der Rossegg weiter ins Hangende, so sieht man bald, dass sich an der Girespitz und beim Blauen Schnee Schrattenkalk normal über das Neocom legt und darüber Gault und Seewenkalk folgen, die sich alle zusammen im Süden zwischen der Girespitz und dem Sentisgipfel zu einer flachen Mulde einsenken (siehe Fig. 24), im Südflügel bis zur Höhe des Sentisgipfels wieder zu einem Gewölbe ansteigen, dessen First den Gipfel des Berges selbst bildet. So kommt es, dass von der Girespitz bis zum Kälbersentis die Contouren des Gebirgskammes den Faltenlinien annähernd parallel verlaufen und der First des Kammes überall aus Seewenkalk besteht, sowohl wo er sich hoch erhebt als auch wo er sich tief herabsenkt. Erst auf dem südlichen Vorsprung des Kälbersentis stellt sich auch Gault und Schrattenkalk ein, die aber in umgekehrter Reihenfolge auf dem südfallenden Seewenkalk liegen, ein Beweis, dass der Sattel des Hohen Sentis nach Süden in eine liegende Mulde übergeht, deren Südflügel über den Nordflügel heraufgeschlagen ist. Dem entsprechend stellt sich auch weiterhin beim Abstieg nach Wildhaus über dem Schrattenkalk noch das Neocom ein. Doch fehlt es dabei auch nicht an Störungen. Wo bei der 2100 m Curve der Fusspfad den Schrattenkalk wieder erreicht, der oben am Gipfel des Kälbersentis ansteht und dort über dem Gault liegt, da sieht man ihn hier direct und discordant auf dem Seewenkalk ruhen. Das beweist eine Ueberschiebung auf einer Fläche, die etwas steiler als die Schichtflächen steht und dem entsprechend auf Fig. 24 eingezeichnet ist. Eine ähnliche Ueberschiebung tritt noch einmal weiter im Süden auf, wo Schrattenkalk schwach discordant auf dem überkippten Neocom liegt. Ob dieser selbst auch überkippt ist oder dem Südflügel eines überkippten Sattels angehört, zu dem das Neocom den Nordflügel bildet, ist mir ungewiss geblieben. Doch erscheint mir ersteres als das Wahrscheinlichere, weil das jenseitige Berggehänge der Altmann-

kette zu unterst ganz aus ebenfalls südfallendem Neocom besteht, die sich erst nahe der Kammhöhe sattelförmig umzubiegen scheinen, in ihren untern Lagen also ebenfalls überkippt liegen dürften.

Der annähernd nordsüdlich verlaufende Sentiskamm zeigt uns also im Süden eine tiefe, halbliegende, nach Norden geöffnete Mulde, deren liegender Nordflügel sich am Hohensentis zu einem flachen Gewölbe erhebt, dann zu einer flachen Mulde einsinkt und endlich am Hühnerberg über den Südflügel des Gewölbes der nördlichsten Sentis-

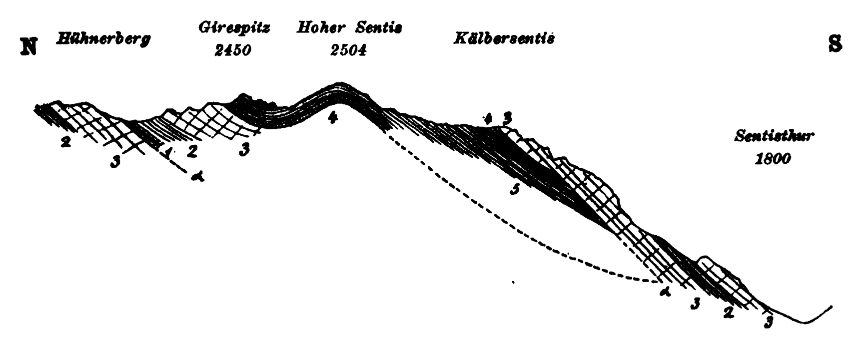


Fig. 24. Querprofil durch den Hohen Sentis, zur Veranschaulichung der nach Norden überstürzten Falten und der Ueberschiebungen (*a*). 1 : 25,000.
1 Valenginien, 2 Neocom, 3 Schrattenkalk, 4 Gault, 5 Seewenkalk.

kette heraufgeschoben ist. In dem überkippten Südflügel jener liegenden Mulde fallen zwei Ueberschiebungen, durch welche tiefere Theile des Flügels über höhere von Süden her heraufgeschoben worden sind, so dass sich der Flügel selbst dreimal schuppenartig wiederholt.

Der Nordflügel jener halbliegenden Mulde setzt sich nach den Angaben auf Escher's Karte ohne Unterbrechung bis zur Hüttenalp fort, wo wir ja ebenfalls das Vorhandensein einer halbliegenden Mulde erkannt hatten, deren Südflügel in ähnlicher Weise wie am Kälbersentis auf zwei Bruchflächen (Fig. 21) der Marwies schuppenartig überschoben worden ist. An beiden Orten schliesst sich südlich ein nach Norden überkippter Sattel an, dessen First hier auf der Nordseite des Hundsteines am Altmann liegt. Beide Berge gehören einer einzigen geschlossenen Bergkette an. Zählen wir von ihr nach Norden die Falten bis zum Kamm der nördlichsten Sentiskette, so erhalten wir nach meinen Aufnahmen jedesmal nur drei Sättel und zwei Mulden, während nach den Escher'schen Profilen 5—6 Sättel und

eine entsprechende Anzahl von Mulden vorhanden sein müssten. Diese grössere Zahl erklärt sich aber sehr einfach aus der uns bisher in genügender Klarheit bekannt gewordenen Thatsache, dass Escher bei Wiederholungen von Faltenflügeln durch Verschiebungen auf Längsbrüchen jedesmal eine Separatfalte annahm, ohne doch im Stande zu sein, dafür die nöthigen Belege beizubringen.

Schlussergebnisse.

Versuchen wir es, die tektonischen Hauptergebnisse dieses Abschnittes zusammenzufassen, so können wir zunächst die eingangs aufgeworfene Frage in Betreff der mangelnden Darstellung der Querverschiebungen auf Eschers Karte jetzt dahin beantworten, dass diese Darstellung sehr wohl möglich gewesen wäre. Die Gründe, welche Escher bei dieser Unterlassung leiteten, sind mir unbekannt, aber ich vermuthe, dass sie aus der Ansicht entsprangen, es seien auf geologischen Karten alle kleineren Details, welche das Hervortreten des Hauptbauplanes verhindern könnten, wegzulassen. In einer jetzt schon ziemlich weit zurückliegenden Periode, in der aber Escher aufgewachsen ist, unterliess man deshalb sogar das alluviale und diluviale Deckgebirge einzutragen. Die geologischen Karten gaben ebensoviel, oft sogar noch mehr Vermuthetes als wirklich Beobachtetes. Davon kam man allmählich zurück, als die Unzuverlässigkeit, welche die geol. Karten dadurch erhielten, in immer weiteren Kreisen bekannt wurde und Unzufriedenheit erregte, und so finden wir denn auch auf Escher's Karte an solchen Stellen, wo ihm eine Vermuthung doch allzu gewagt erschienen haben mag, das Deckgebirge eingetragen. Aber er verfuhr dabei nicht consequent und liess dasselbe an anderen Stellen weg, wo wir über die Beschaffenheit des Grundgebirges oft ebensowenig unterrichtet sind. Auch die durch Querverschiebungen hervorgebrachten Discontinuitäten in dem Schichtenausbiss hat er auf der Karte völlig ignorirt und durch einen kühnen Pinselstrich aufgehoben, wobei es ihm nicht darauf ankam, im Interesse der Uebersichtlichkeit bei anderen Schichten Anlehen zu machen, also z. B. zur Ergänzung des Schrattenkalkes sich ein Stück Seewenkalk oder Gault zu borgen und umgekehrt.

Diese Methode war ehemals üblich und stand in gutem Ansehen. Seitdem aber die topographischen Karten eine früher ganz unbekannte Genauigkeit erhalten haben und in vielen Ländern besondere staatliche Anstalten gegründet worden sind, deren Aufgabe eine möglichst genaue geologische Vermessung der Landesoberfläche ist, haben sich

die Methoden der geologischen Kartographie wesentlich verbessert und verfeinert. Wie in der Topographie selbst, so verschwindet auch auf der geologischen Karte immer mehr das Schematische und macht der Individualisirung Platz. Der Schrei nach Wirklichkeit, der durch die darstellende Kunst geht, er erschallt auch in der Geologie, aber gedämpft durch das Geräusch, welches die Vielseitigkeit gelehrter Thätigkeit hervorbringt.

Wer heute noch eine Karte, wie es die Escher'sche ist, in dem Maasstab von 1:25000 veröffentlichen wollte, würde sich berechtigtem Tadel aussetzen. Zu ihrer Zeit hat sie der Wissenschaft gute Dienste gethan, heute aber ist sie veraltet, weil sie Beobachtung und Hypothese nicht genügend von einander getrennt hält.

Als hauptsächlichste tektonische Züge haben wir eine Reihe von theils senkrechten, theils nach Norden überstürzten Falten kennen gelernt, die mehrfach von meist geneigten Längsspalten durchschnitten sind, auf deren ansteigender Fläche das Hangende von Süden her über das Liegende heraufgeschoben worden ist.

Diese Ueberschiebungsflächen folgen zwar im Allgemeinen der Längsrichtung der Falten, sie besitzen aber nie eine vollkommene Parallelität mit dem Streichen der Schichten und insbesondere sind sie fast stets steiler gestellt als letztere. Sie durchschneiden bald die steilgestellten überkippten bald die flach fallenden Faltenflügel und in ihrer Nachbarschaft macht sich niemals eine Reduction der Formationsglieder in messbarer Weise bemerkbar, so dass ganz und gar kein Grund vorliegt, diese Ueberschiebungen als das Endergebniss einer durch übertriebene Faltung erfolgten Auswalzung ganzer Mittelschenkel anzusehen. Wo, was ja allerdings vorkommt, einzelne Glieder eine erheblich kleinere Mächtigkeit als gewöhnlich besitzen oder auch ganz fehlen, ist dies nicht Folge von Auswalzung, sondern davon, dass ein Theil des Gliedes von der Verwerfungsspalte abgeschnitten und verschoben worden ist. Man erkennt dies auch leicht daran, dass die etwa noch vorhandenen Reste dieser Glieder ihre ganz normale Beschaffenheit haben und die darin eingeschlossenen Versteinerungen in derselben Weise erhalten sind wie da, wo die Glieder noch ihre ganze Mächtigkeit haben.

In allen Fällen haben sich die Ueberschiebungen wenigstens in ihrer Anlage als jünger wie die Falten erwiesen und ebenso sind die Querbrüche jünger als beide. Auf den Querbrüchen haben theils erhebliche horizontale Verschiebungen, theils auch nur Senkungen stattgefunden. Ihnen verdankt das Sentisgebirg einen grossen Theil

seines überraschenden Sceneriewechsels und seiner bizarren Bergformen. Zusammengehöriges wurde gewaltsam auseinander gerissen, der Alpsiegel von der Altmannkette weggeschoben. Der Fählensee liegt deshalb so unauffindbar im Felsgebirge versteckt, weil die breite Semtiser Mulde, zu deren oberen Ende er gehörte, nach Norden verschoben wurde. Bei diesem Coulissenwechsel kam er hinter eine hohe Felswand zu liegen, die jetzt den oberirdischen Abfluss des aufgestauten Wassers unmöglich macht. Die breiten und hohen Felsklötze des Hohen Kasten, der Ebenalp u. s. w. sind geradezu durch die Querspalten aus dem Vollen herausgeschnitten.

IV. Die Ueberschiebungen im schweizerischen Juragebirge.

Wenn wir uns über die tektonische Bedeutung der Ueberschiebungen in diesem Gebirge in der Literatur unterrichten wollen, so begegnen wir nicht nur recht weit auseinandergehenden theoretischen Anschauungen, sondern auch sehr verschiedenen Ansichten über das Thatsächliche dieser Ueberschiebungen. Abwechselnd sind sie zur Geltung gekommen und haben sich im Lauf der Zeit auch vielfach verändert. Es ist lehrreich zu sehen, wie B. Studer[1] vor 40 Jahren die Sache ansah: „Der Bau des Jura kann, mit den Alpen verglichen, ein sehr einfacher heissen. Gebogene Schichten kommen meist nur als grössere Gewölbe vor; C- und S-Krümmungen, geknickte, zickzack- oder wellenförmige Structuren sind wenig bekannt. Häufiger sind Verwerfungsklüfte und starke Niveaudifferenzen der durch sie zerrissenen Gebirgsglieder . . . . Nur selten steht diese Zerklüftung des Gebirges mit Ueberschiebungen älterer über jüngere Formationen in Verbindung. Am häufigsten, wenn nicht ausschliesslich, finden wir diese grösseren Störungen am Rande und im Inneren der centralen Hauptkette des M. Terrible und Wysenbergs, welche, beinahe der Richtung des Parallels oder derjenigen der Ostalpen folgend, von Doubs her bis an die Limmat das jurassische System bis in die grösste Tiefe aufgerissen zeigt . . . . An der früheren

[1] Geologie der Schweiz Bd. II. 1853. S. 207.

Vorstellung, die in jeder einzelnen Jurakette einen Erhebungskrater, eine durch unter ihr aufsteigende Dämpfe oder plutonische Massen aufgeworfene und geplatzte Blase sah, wird kaum mehr ein Geologe festhalten. Die neuere Wissenschaft erkennt im Jura, wie in den Alpen, die Wirkung wiederholter, vielleicht nur langsam fortgeschrittener Spaltungen und Hebungen . . . . sie findet, dass die Richtung dieser Spaltungen in verschiedenen Zeiten eine andere gewesen sei, und dass mehrere Systeme von Verwerfungsklüften und Hebungen sich gekreuzt und den ursprünglich einfachen Bau des Gebirges verwickelt haben . . . . Wo man aber den Herd dieser Einwirkungen, den Stützpunkt dieser Bewegungen zu suchen habe, ist bis jetzt unentschieden geblieben. Der Gewölbebau des Jura, sein Parallelismus mit dem Alpensystem, die nach Westen zu abnehmende Höhe der Ketten, die Thatsache ferner, dass die Gewölbe, horizontal ausgebreitet, einen grösseren Raum bedecken müssten, dies und anderes lässt an eine Faltung durch einen von den Alpen ausgegangenen Seitendruck denken, und die steile Aufrichtung der Molasse in mehreren Thälern des Berner Jura . . . . führt zu der Annahme, dass eine der wichtigsten Umwälzungen, wie in den Kalkalpen, erst nach der Ablagerung der Molasse erfolgt sei. In dieser Theorie wird jedoch der wichtigen Linie des M. Terrible, auf welcher offenbar die intensivste Kraftäusserung stattgefunden hat, nicht Rechnung getragen . . . . Nächst der Hebungslinie des M. Terrible und dem Einfluss der vielfachen Bewegungen, die von den Alpen ausgingen, darf endlich in einer Theorie des Jura die Einwirkung des Schwarzwaldes, der Vogesen und vielleicht auch der Granite und Porphyre von Lyon und Autun nicht unberücksichtigt bleiben, und die Verwicklung, die hieraus hervorgeht, ist so gross, es wird der Willkür in den Voraussetzungen ein so weiter Spielraum gegeben, dass man sich nicht wundern darf, wenn alle bisherigen Versuche physikalischer Erklärung nicht befriedigt haben."

Es ist erstaunlich, wie klar für die damalige Zeit sich Studer über dieses Problem und seine Schwierigkeit ausgesprochen hat, dem nur durch eine volle Berücksichtigung seiner vielen Seiten beizukommen sei.

In der Folge hat sich jedoch in der Schweiz eine theoretische Richtung geltend gemacht, die einer so verurtheilsfreien und sorgfältigen Abwägung der Thatsachen nicht immer günstig war. Die Reaction gegen die plutonische Theorie der Gebirgsentstehung verlegte sich hauptsächlich auf den Nachweis, dass die Alpen und der

Jura durchaus gefaltet seien, und dass eine solche Faltung nicht durch plutonische Einwirkungen von unten, sondern nur durch seitlichen Druck in Folge einer Gewölbespannung in der Erdkruste erzeugt worden sein könne. Aus diesem einzigen Vorgang wollten einige allein das Räthsel der Gebirgsentstehung erklären, und zu diesem Zwecke ging man sogar soweit, Schichtung in den grossen Granitstöcken der Centralalpen zu finden und dieselbe in das Schema gewaltiger Falten zu bringen. A. FAVRE scheint in dieser Richtung einen besonders grossen Einfluss auf seine Zeitgenossen in der Schweiz ausgeübt zu haben. Sicher ist, dass er und manche andere weit über das Ziel hinausschossen. Bruchspalten und Verwerfungen hatten für sie einen unangenehmen plutonischen Beigeschmack. Wo immer es anging, leugnete man ihre Existenz, weil man sie sich aus der Theorie nicht recht erklären konnte. Es bildete sich allmählich eine Lehre aus, mit deren Hülfe es gelang, fast alle Lagerungsverhältnisse, die bisher durch Verwerfungen erklärt worden waren, auf reine Faltung zurückzuführen. Hatte man z. B. gleichsinnig einfallende Schichten übereinander liegend in der Reihenfolge 1 2 3 1 2 3, wobei 1 die älteste, 3 die jüngste ist (Fig. 25), so sollte das nicht mehr eine Wiederholung durch Verwerfung, sondern eine regelrechte Falte sein, indem man angab: 1 2 3 3 1 1 2 3. Man lies also das mittlere 3 und 1 durch muldenartige Lagerung gedoppelt sein, 1 2 3 von links den linken, 3 1 den rechten Muldenflügel darstellen, an den sich rechts ein Sattel anschloss mit dem Flügel 1 2 3. Dass allerdings 2 im Mittelflügel fehle, war nicht zu verkennen, aber es sollte bei der Faltung verloren gegangen, ausgewalzt worden sein.

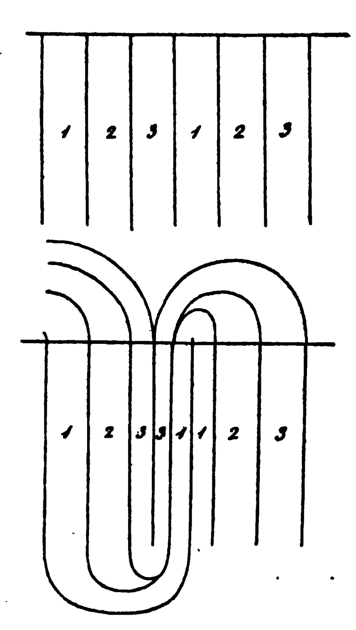


Fig. 25. Faltentheoretisches Schema I.

Hatte man eine Synclinale, bei der aber der eine Flügel aus jüngeren, der andere aus älteren Schichten bestand, so dass in der Mitte verschiedenartige Horizonte aufeinanderstiessen, so war das nicht mehr nothwendige Folge einer Verwerfung, durch die der eine Flügel ge-

sunken oder der andere gehoben worden war, sondern man nahm eine regelrechte Verbindung von 1 und 2 in der Tiefe an und liess nur die oberen Schichten bei der Umbiegung verdrückt sein (Fig. 26).

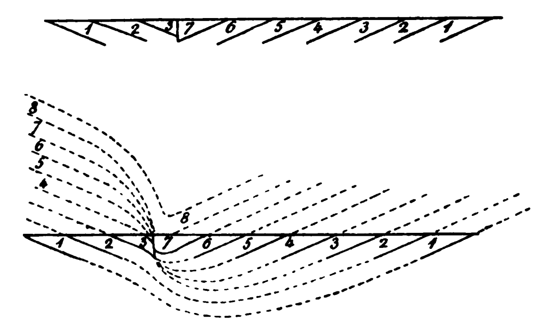


Fig. 26. Faltentheoretisches Schema II.

Selbst vor einer Antiklinale, bei der aber die jüngsten Schichten in der Mitte, die ältesten zu äusserst liegen, schreckte man nicht zurück und erklärte sie für eine nach unten ausgebauchte Mulde, die sich nach oben wie der Hals bei einer Flasche verengt, um sich dann schliesslich wieder weit zu öffnen (Fig. 27).

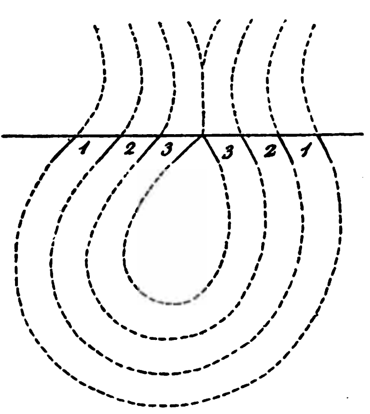


Fig. 27. Faltentheoretisches Schema III.

Diesem Schlüssel mussten sich alle Thüren öffnen und nur, wo die Verwerfungsspalte als solche deutlich zu sehen war, sollte man denken, dass er versagte. Aber mit nichten. Man brauchte ja nur anzunehmen, dass durch die Umbiegung nicht wie in den vorhergehenden Beispielen nur einige, sondern alle Schichten ausgewalzt worden seien, so konnte man die Verwerfungsspalte unversehens aus einer einfachen Bruchspalte in einen ausgewalzten Schichtencomplex umwandeln (Schema IV).

Wer aber, darf man wohl fragen, wäre im Stande eine Schichtenlage auf der Erde aufzufinden, die sich dieser Lehre gegenüber nicht als das Ergebniss einer Faltung darstellen müsste? Vor ihr mussten die Spalten und Ueberschiebungen im Sentisgebirge und die gewaltigen Ueberschiebungen in den Glarner Alpen die Segel streichen

und auf den geologischen Karten spurlos verschwinden. Im schweizerischen Juragebirge war es hauptsächlich Mösch, der diese Umwandlung der Spalten in Falten vornahm und die schon von Studer in ihrer Wichtigkeit betonten Ueberschiebungen in der M. Terrible und Wiesenberg-Kette als „überkippte und gequetschte Gewölbe“ deutete.

Allerdings ist diese Auffassung gerade im Jura auch auf standhaften Widerspruch bei einzelnen Geologen gestossen, derselbe konnte aber nicht hindern, dass die vielversprechende neue Theorie sich rasch die Herzen, insbesondere derjenigen Geologen, erwarb, die das Gebiet nicht so genau kannten.

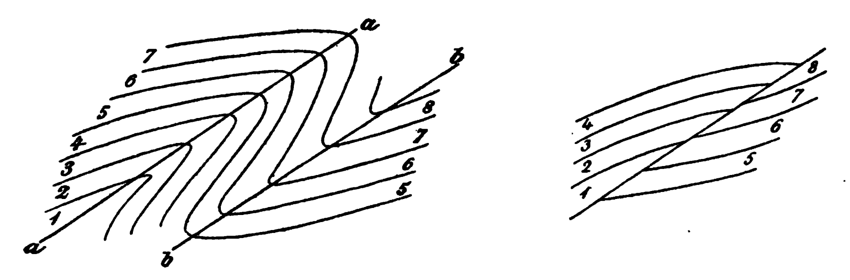


Fig. 28. Faltentheoretisches Schema IV.
Die Schichten zwischen *a—a* und *b—b* gehen durch Auswalzung verloren.

Sehr lehrreich ist es, die Profile, welche Mösch[1] aus dem Baseler Jura mittheilte, mit denjenigen A. Müller's[2], die mehrfach dieselbe Schnittlinie haben, zu vergleichen. Albert Müller hatte sich schon frühe gegen die reine Faltentheorie ausgesprochen und eine Menge von Thatsachen festgestellt, von denen er glaubte, dass sie ohne Zuhülfenahme von Verwerfungen und Ueberschiebungen nicht erklärt werden könnten. Mösch hat diese Thatsachen, wenigstens in der Hauptsache, anerkannt, aber denselben eine Deutung gegeben, die alles auf Faltung zurückführt und in unserer Figur unter Anlehnung an seine Figur 3 auf Taf. II wiedergegeben ist. Wenn dabei die Oberfläche in unserer Figur als eine gerade Linie gezeichnet ist, so geschah dies, um besser auf die Schemata I—IV exemplificiren zu können. An den Thatsachen ist dabei keinerlei Veränderung vorgenommen worden. Man sieht sofort, dass Mösch die

[1] Der südliche Aargauer Jura. Beiträge geol. Karte der Schweiz. Lief. X. 1874. Tafel II.

[2] Beiträge. Lief. I. 1863. Taf. I—II und Verh. naturf. Ges. Basel 1860. Ueber einige anormale Lagerungsverhältnisse im Baseler Jura.

rechte Hälfte des Profiles nach Schema I, die linke nach Schema IV behandelt hat. Die angenommenen Umbiegungen liegen jedesmal in der Luft oder in unergründlicher Tiefe. In der Tiefe ist die Faltung auch als ganz regelmässig angenommen und nur nahe der heutigen Oberfläche sind ganze Schenkel verdrückt und ausgequetcht worden. Sie können aber doch unmöglich ganz verschwunden sein? Irgendwohin müssen die wenn auch noch so verstümmelten und reducirten Reste doch gerathen sein? Nirgends aber konnte MÖSCH ihre Spuren nachweisen und dieser Thatsache gegenüber haben doch sicher theoretische Bedenken die allergrösste Berechtigung. Glücklicherweise indessen sind wir der Verpflichtung, auf die rein speculative Seite dieses Gegenstandes näher einzugehen, durch die Arbeiten MÜHLBERG's enthoben. Seit Jahren hat dieser Forscher das ganze

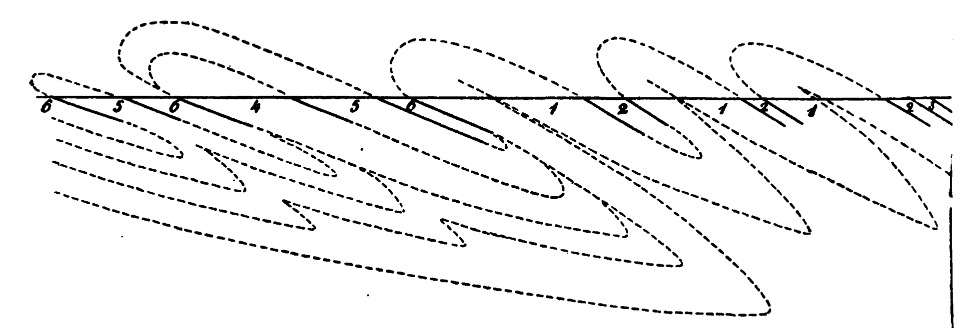


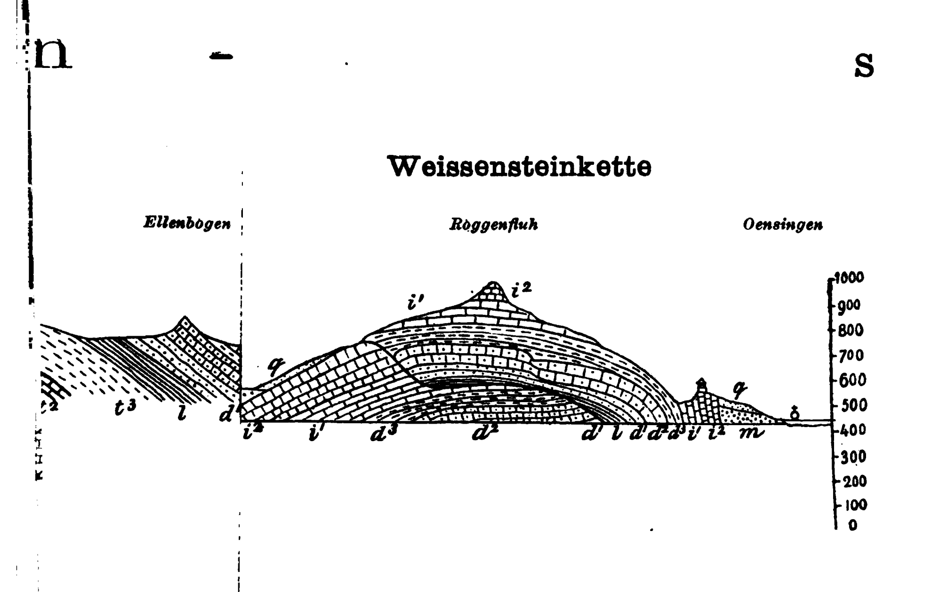
Fig. 29. Faltentheoretisches Schema V.

Gebiet der M. Terrible- und Wiesenberg-Kette in einer sehr genauen Weise untersucht und seine Ergebnisse auf den neuen topographischen Blättern der Siegfriedkarte (1 : 25 000) eingetragen. Hierdurch sind für alle einzelnen Ueberschiebungen eine grosse Menge neuer Thatsachen sicher festgestellt worden, durch welche die Deutung derselben als ausgewalzte Gewölbe oder Faltenschenkel vollkommen den Boden verliert. Diese neueren geologisch colorirten Karten sind nun allerdings noch nicht ganz fertig und ihre Veröffentlichung im Druck dürfte noch eine geraume Zeit in Anspruch nehmen, aber MÜHLBERG [1] hat bereits vorläufig eine Reihe von Querprofilen durch dieses Gebiet gelegt und mitgetheilt, so dass wir damit schon ein schwerwiegendes Beweismaterial in die Hand bekommen haben. Ich habe die Gegend im vorigen Jahre besucht, zum Theil unter der vortrefflichen Füh-

[1] Eclogae geol. Helvetiae. Vol. III S. 181 (1892) und S. 413 (1893).

Einlage III.

n — S



G.

ängeschutt.



LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

rung Professor Mühlberg's, wofür ich ihm auch hier meinen Dank ausspreche, so dass es mir wohl gestattet sein mag, den Eindruck zu schildern und zu begründen, welchen die Thatsachen mit Bezug auf ihre theoretische Tragweite auf mich gemacht haben.

Wir beginnen zunächst mit der durch die Oensinger Klus so prachtvoll aufgeschlossenen Ueberschiebung, welche als solche von Mühlberg zum erstenmal richtig dargestellt[1] worden ist. Die Klus durchschneidet die südlichste Randkette des Juragebirges und durch sie werden die Gewässer der innerjurassischen Längsthäler in das südlich vorgelagerte Molasseland hinausgeführt und mit den alpinen

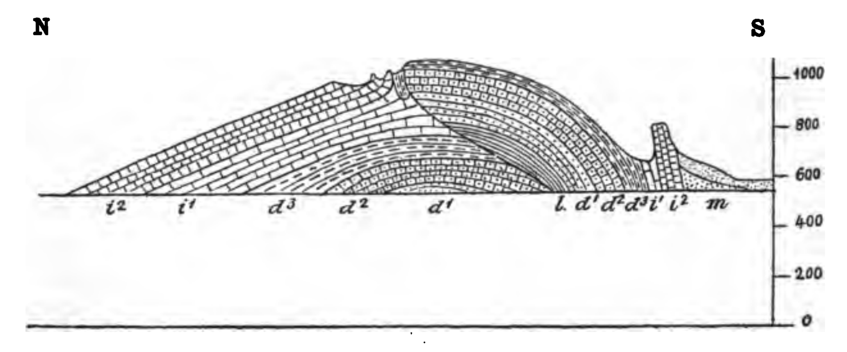


Fig. 31. Querschnitt durch die Wannenfluh nach F. Mühlberg, um zu zeigen, dass auf der Ueberschiebungsfläche Auswalzung eines ganzen Faltenschenkels nicht stattgefunden haben kann. 1 : 30,000. *l* Lias, d^1—^{3} Dogger, i^1—^{2} Malm, *m* Miocän.

Gewässern der Aare vereinigt. Diese Kette — die sog. Weissensteinkette — ist über 2 Km. breit und überragt die Thalsohle der Klus um 5—600 Meter. Sie ist ein Gewölbe von Juraschichten, das eine grosse Regelmässigkeit des Baues zur Schau trägt, denn zu beiden Seiten der Klus spannt sich eine mächtige Lage von hellem dickbankigen Jurakalk in weitem Bogen vom oberen bis zum unteren Ende des Durchbruchthales und bestimmt mit ihrem First die Kammhöhe der Kette.

Aber schon A. Müller hat richtig erkannt, dass die Kalke dieses Gewölbes auf der Nordseite dem Malm, auf der Südseite dem Dogger (Roggenstein) angehören und dass diese verschiedenaltrigen Stücke in Folge einer Verwerfung auf der Höhe des Gewölbes zufällig so genau aneinander gerückt worden sind, dass sie das Bild

[1] l. c. Taf. X. Fig. 4—5.

eines einheitlichen Gewölbebogens vortäuschen. Es ist weiterhin Mühlberg der Nachweis gelungen, dass diese Verwerfung keine saigere ist, wie Müller annahm, sondern dass die Dislocation als Ueberschiebung auf einer 10—30 ° nach Süden geneigten Bruchfläche vor sich ging.

Diese Bruchfläche schneidet das Gewölbe nahe dem First und senkt sich von da in den südlichen Flügel, den sie in ihrer Verlängerung unterhalb der Thalsohle wahrscheinlich ganz durchschneidet. Es ist ein Längsbruch, der aber nicht völlig mit den Schichten parallel streicht. Nach den Aufnahmen Mühlberg's liegt er nur auf eine Erstreckung von 6 Km. in der Weissensteinkette, die gerade hier eine knieförmige Biegung macht. Ich vermuthe, dass die Ueberschiebungsfläche diese Biegung nicht mitmacht und auf diese Weise gerade das Knie abschneidet. Es würde sich dadurch in einfachster Weise erklären, warum sowohl weiter im Osten als auch im Westen der Gewölbebau dieser Kette regelmässig und ungestört ist.

Ueber die Natur dieser Ueberschiebung bemerkt Mühlberg sehr richtig: „Diese Verwerfungen sind hiernach durchaus nicht etwa Faltenverwerfungen. Trotz der localen Umbiegung der beiden Stirnränder des unteren und oberen Roggensteines darf man also nicht erwarten, zwischen beiden einen ausgewalzten Mittelschenkel zu finden, so sehr man auch versucht sein möchte, eine Kante auf der Westseite der Oensinger Klus, welche aus herabgestürzten Roggensteintrümmern besteht, als solchen anzusehen."

Das ist in der That unzweifelhaft, dass beide Flügel zu einem einzigen Sattel und nicht der südliche zu einem anderen Sattel als der nördliche gehören. Das geht schon daraus hervor, dass beide Flügel sich weiter im Osten und Westen zu einem ungestörten, einfachen Sattel zusammenschliessen, welcher eben die Weissensteinkette bildet.

Eine ganz ähnliche Ueberschiebung treffen wir in der unmittelbar im Norden sich anlegenden Farisbergkette, die ebenfalls durch ein Querthal aufgeschlossen ist und im Profil um so ähnlichere Bilder gibt, als ganz dieselben Formationsglieder das Farisberg- und das Weissenstein-Gewölbe aufbauen. Ueber die Auffassung dieser Ueberschiebung muss also dasselbe Geltung haben, was wir für die vorher besprochene Ueberschiebung festgestellt haben.

Die beiden Ketten werden durch ein breites Längsthal getrennt, welches tektonisch einer Mulde entspricht. Eine solche Mulde legt sich auch zwischen die Farisbergkette und die nördlich vorgelagerte hohe Passwangkette. Diese letztere selbst besteht aber nicht bloss

aus einem grossen Schichtensattel, sondern auch noch aus einer nördlichen, sehr hochgelegenen Mulde. Es ist das ein aussergewöhnliches Verhältniss für den Jura, welches der Passwangkette auch orographisch eine besondere Ausbildung gegeben hat. Man sollte vermuthen, dass die im Norden der Passwangkette ebenfalls sattelförmig aufgewölbten Schichten eine neue Gebirgskette bilden, der gegenüber die nördliche Passwangmulde die Rolle eines trennenden Längsthales zu spielen berufen wäre, aber in Wirklichkeit ist von dem Dach dieses nördlichsten Sattels durch die Erosion schon soviel abgetragen worden, dass er nur noch stellenweise (z. B. an der Gerstelfluh bei Waldenburg) in Form einer Kette aufragt. Gerade zwischen Passwang und Reigoldswil aber ist er bis auf den Muschelkalk abgedeckt und stellt so gegenüber der südlichen Mulde eine Niederung dar. Auf der Höhe von Reigoldswil endet auch dieser Muschelkalk mit einem Steilrand nach Norden und jüngere jurassische Schichten tauchen unter ihm hervor. Somit ist dieser Muschelkalksattel auf jüngeren Schichten gelegen und muss, da beide sich in normaler Lagerung befinden, durch Schub über dieselben gelangt sein. Aber auch diese jüngere Basis des Reigoldswiler Muschelkalkes zeigt mehrfache Sättel und Mulden und ist in ihrer Gesammtheit der jüngeren Süsswassermolasse auf einer mit 5—10° nach Süden geneigten Fläche aufgelagert. Diese merkwürdige Ueberlagerungsfläche streicht im Reigoldswiler Thal zu beiden Seiten auf eine Strecke von 1½ km in der Richtung ihrer Neigung aus. Die ganze Gebirgsmasse der Passwangkette ist also auf sanfter Böschung nach Norden vor- und über die Tertiärschichten heraufgeschoben worden. Letztere liegen durchaus normal auf schwach nach Süden geneigten Juraschichten auf, die bereits zum sog. Tafeljura gehören.

Für den Vorgang der Ueberschiebung ist es sehr bemerkenswerth, dass die übergeschobenen Schichten an ihrer Stirn gewöhnlich nach vorn steil um- und eingebogen sind, so dass sie gerade hier nicht selten sich in umgekehrter Aufeinanderfolge befinden. Man hat darin Anzeichen sehen wollen, dass diese Ueberschiebungen Faltenverwerfungen seien, die aus vollständiger Auswalzung von Mittelschenkeln hervorgingen, so dass also der überschobene Tafeljura den Muldenflügel, der übergeschobene Kettenjura den Gewölbeflügel einer grossen Falte darstellen würde. Dies ist indessen an sich schon sehr unwahrscheinlich; denn da es sich hier um einen Schub von höchstens 2—3, wahrscheinlich aber sogar nur 1½ km Weite handelt, so erscheint es fast als eine Unmöglichkeit, dass dabei Schichten von

800 Meter im Mittelschenkel vollständig bis zum Verschwinden sollten ausgewalzt worden sein. Man nehme z. B. den für diese Hypothese günstigsten Fall an, dass nämlich der Mittelschenkel ursprünglich nicht länger als dick gewesen sei, also im Querschnitt eine Fläche von 640,000 □m, bei Reduction 1 : 50,000 von 256 □mm gehabt habe. Alsdann würde ein auswalzender Schub, der am Ende gerade zum Verschwinden desselben führen sollte, aus dem erst gleichmässig dicken Rhombus ein Dreieck formen müssen, dessen Länge 2300 m oder 50 mm und dessen Höhe 560 m oder 10 mm betrüge (Fig. 32). Diese Umformung müsste unter der Last einer nur 800 m mächtigen

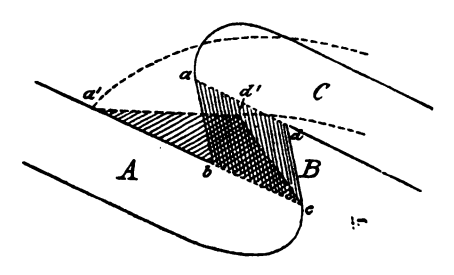


Fig. 32. Querschnitt durch eine Falte vor und nach (punktirt) Auswalzung des Mittelschenkels, unter Zugrundelegung der im Texte angegebenen Mächtigkeiten. *A* Mulden-, *B* Mittel-, *C* Gewölbeschenkel. *abcd* = *B* vor, *a'd'c* = *B* nach der Auswalzung. 1 : 50,000.

Gesteinsmasse vor sich gegangen sein. Da nun aber von der Stirne weg auf wenigstens 1 km weit rückwärts auf der Schubfläche von dem ausgewalzten Schenkel gar nichts zu sehen ist, so müsste also die Auswalzung noch schneller vor sich gegangen sein und zu einem nur 30 mm hohen und 6.6 mm breiten Dreieck geführt haben. Ich weiss nicht, ob irgend jemand an eine solche Gebirgsmaschine im Ernste glauben mag.

Fragen wir uns nun aber, was denn der umgebogene Stirnrand uns lehren kann, so ist wohl die nächstliegende Antwort die, dass, was die Gesetze der Physik uns ohnehin anzunehmen zwingen würden, bei dem Schub auf der Schubfläche eine sehr starke und jedenfalls viel stärkere Reibung zu überwinden war, als höher oben in den geschobenen Massen selbst. Die Bewegung nun, die den Massen von Süden her mitgetheilt wurde, musste in Folge dessen zu schnellerem Schub nahe der Oberfläche, zu langsamerem nahe der Schubfläche führen. Unten mussten Stauungen, oben Ueberstürzungen eintreten, ähnlich wie dies bei langsam fliessenden Lavaströmen beobachtet wird.

Die Aufschlüsse bei der Hornisfluh und überhaupt an vielen Randstellen des Kettenjura zeigen uns eben, dass auch dieser Schub und die ihn begleitende Umstülpung des Stirnrandes nicht in einfach schematischer Weise vor sich gegangen sind, sondern dass Stauungen und Schleppungen zu wiederholten Ueberschiebungen in der Stirnwand selbst Veranlassung gaben und so jene verwickelte Schuppenstructur erzeugten, deren Entwirrung oft ungeheuer schwierig ist, in einigen Fällen sogar geradezu unmöglich erscheint. In dieses Wirrsal haben die Arbeiten MÜHLBERG's endlich einigermassen Ordnung gebracht, wofür wir ihm nicht genug dankbar sein können.

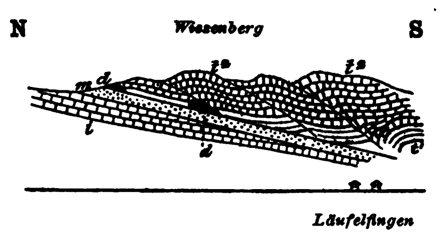


Fig. 33. Querprofil durch den Wiesenberg nach F. MÜHLBERG. t^1 Gypsstufe des Muschelkalkes, t^2 Oberer Muschelkalk, *d* Doggerschollen (Roggenstein), *i* Oberer Malm, *m* Süsswassermolasse.

Sehr lehrreich sind die Aufschlüsse am Nordende des Hauenstein-Tunnels bei Läufelfingen. Der Wiesenberg im Osten besteht zu oberst fast ausschliesslich aus Muschelkalk (Fig. 33). Seine Bänke sind wellig gebogen, oben vielfach verstürzt und schuppenartig über einander geschoben. Unter den festen Kalken des oberen Muschelkalkes liegt die Gypsstufe, deren Gesteine nur stellenweise in Steinbrüchen aufgeschlossen, sonst aber meist verschüttet sind. Darunter streicht die Süsswassermolasse aus, die selbst auf Malm ruht. Diese Basisfläche senkt sich von Homberg her langsam gegen Läufelfingen, wo sie die Thalsohle erreicht und unter die Tunnelsohle einschiesst. Hier ist also der Muschelkalk über 1 km weit auf die Molasse heraufgeschoben worden, ohne dass die Schichten in umgekehrte Lagerung kamen. Die Schubfläche senkt sich nach Süden und an einigen wenigen Stellen findet man auf ihr und zwischen die liegende Molasse und den hangenden Muschelkalk grössere Blöcke von Roggenstein eingeklemmt. Es erscheint auch mir sehr wahrscheinlich, dass es keine von oben herabgestürzte und nur auf dem Berggehänge liegen gebliebene Blöcke sind, sondern dass sie wirklich unter dem Muschelkalk liegen. Es sind typische Roggensteine, die keine Spuren von

Auswalzung oder Quetschung zeigen. Ob sie normal oder verkehrt liegen, wird sich schwerlich mit Sicherheit feststellen lassen. Man kann diese verhältnissmässig kleinen Fragmente keinenfalls ohne Weiteres für Reste eines ausgewalzten Mittelschenkels ansprechen, da ihre umgekehrte Lage nicht bewiesen und Auswalzungserscheinungen nicht sichtbar sind. Dahingegen konnte ich nichts auffinden, was gegen die Annahme spräche, dass es zurückgebliebene, abgerissene Stirntheile sind, die bei fortgesetztem Schub unter die sich bewegenden Massen geriethen und, sich in die weichen Schichten des mittleren Mnschelkalkes einbohrend, dann mit diesem weiter geschleppt wurden.

Eine sehr auffällige Erscheinung anderer Art sind die von Mühlberg so genannten *Pseudoklippen* oder *Ueberschiebungs-*

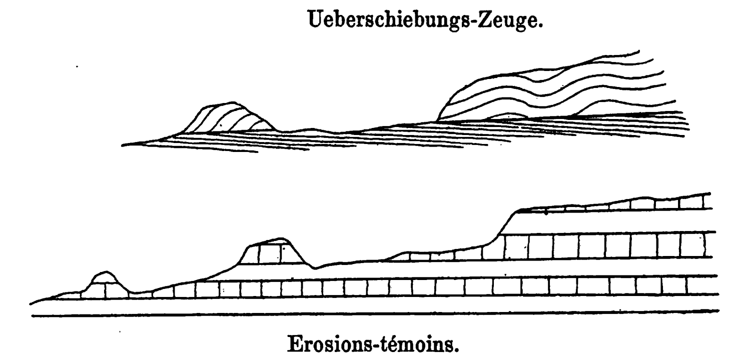


Fig. 34. Soll zeigen, dass die sog. Pseudoklippen echte Témoinsbildungen sind.

klippen. Es sind vereinzelte Ueberreste der übergeschobenen Gebirgsmasse, welche der Erosion mit Erfolg widerstanden haben, während die übrige Masse ringsum weggeführt und damit der unmittelbare Zusammenhang des Restes mit der ganzen Schubmasse unterbrochen worden ist. Dem entsprechend trifft man sie nur in mehr oder minder grosser Entfernung vor der jetzigen Stirnwand der Ueberschiebung, wo sie in Form kleiner Hügel oder Felsmassen aufragen und uns bezeugen, dass der Schub sich ursprünglich bis hierher ausgedehnt hatte. Aus diesem Grunde muss man sie zu denjenigen Bildungen stellen, die man als *témoins* oder *Zeugen* zu bezeichnen pflegt, und es scheint mir für sie der Name *Ueberschiebungszeugen* am geeignetsten zu sein. Klippen sind es nicht, da man unter einer *Klippe* eine isolirt aus jüngeren Sedimenten hervorragende ältere Gesteins-Scholle versteht, die aber unten ringsum von

den jüngeren Schichten discordant umgeben ist. Der Name Ueberschiebungsklippe müsste desshalb irre leiten. Eher liess sich die Bezeichnung Pseudoklippe, welche MÜHLBERG zuerst vorgeschlagen hat, rechtfertigen, sofern diese Zeugen keine Klippen sind, aber bei ungenügender Kenntniss der geologischen Verhältnisse leicht für solche genommen werden könnten. Indessen gibt ein negatives Merkmal keine gute Begriffsbestimmung und da wir es ausserdem mit einer vox hybrida zu thun haben, so ziehe ich den Namen Ueberschiebungszeuge vor.

Einen solchen Zeugen in ganz ausgezeichneter Entwickelung stellt das Kellenköpfli[1] dar, wo eine kleine Kuppe von Dogger in steiler Stellung und gedoppelter Anordnung auf einem Sockel von Malm aufliegt (Fig. 30 der Einlage III). Die Auflagerungsfläche, beinahe horizontal, senkt sich sogar im Gegensatz zu den bisher besprochenen Schubflächen schwach nach Norden. Dieses isolirte Vorkommen überrascht um so mehr, als auf dem besagten Profile weiter im Süden gar keine Ueberschiebung eingetragen ist, zu der das Kellenköpfli als Stirnrand gehört haben könnte. Allerdings glaube ich, dass eine Ueberschiebung bei Schattenwied existirt, durch welche der Keuper des Südflügels auf den Lias und Dogger des Nordflügels des Passwanggewölbes geschoben worden ist und dass diese Ueberschiebung sich auch noch nach Osten am Mittel-Bilstein bei Kunisrüti bemerkbar macht — es ist das einer der wenigen Punkte, wo ich der Auffassung MÜHLBERG's nicht ganz beitreten kann, der hier einen ungestörten Sattel annimmt. Da ich aber zur Begründung meiner Ansicht nur Thatsachen anzuführen hätte, die Prof. MÜHLBERG festgestellt, aber noch nicht veröffentlicht hat, so kann ich zunächst nichts weiter thun, als auf die zu erwartende Publication derselben verweisen.

Mit dieser Passwang-Ueberschiebung, die sich denjenigen der Weissenstein- und der Farisbergkette als dritte anschliesst, kann indessen der Kellenköpfli-Zeuge wenigstens nicht unmittelbar in Verbindung gebracht werden. Derselbe gehört nämlich zu den ebenfalls übergeschobenen Massen des Bilsteines im Osten[2], die aber viel tiefer liegen, als der übergeschobene Südflügel der Passwangkette, und so nahe an denselben angrenzen (s. Fig. 35), dass für die sattelförmige Umbiegung des Muschelkalkes bei Kunisrüti kein Platz vorhanden ist. Entweder also muss man annehmen, dass der Dogger des Bilsteines

[1] MÜHLBERG l. c. Taf. 8, Fig. 3.
[2] MÜHLBERG l. c. Taf. 9, Fig. 2.

von dem des Helfenberges überschoben worden ist, oder dass er durch einen 200 bis 300 m hohen Sprung auf steilgestellter Spalte von demselben abgesunken ist. Der zweite Fall ist indessen sehr unwahrscheinlich.

Der Bilstein hängt, wie schon erwähnt, mit dem Kellenköpfli zusammen. Beider Entfernung beträgt 3 ½ km. Hier liegt die

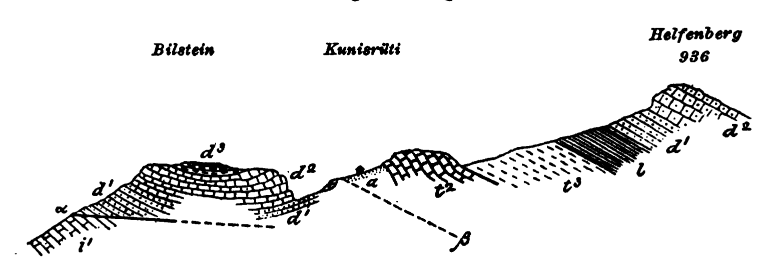


Fig. 35. Querprofil durch den Bilstein. 1 : 12,500. t^2 Muschelkalk, t^3 Keuper, l Lias, d^1—^{3} Dogger, i^1 unterer Malm, α und β Ueberschiebungsflächen.

Ueberschiebungsfläche im Osten 750, im Westen 1100 m hoch. Bei den Neunbrunnen, etwa 1 km vom Ostrande des Bilsteines entfernt, beträgt die Höhe 86Q m. Daraus ergibt sich ein Ansteigen derselben von OSO nach WNW mit 6° Böschung. Sie hat also eine ganz andere Streich- und Fallrichtung als die Ueberschiebungen der Weissenstein-, Farisberg- und Passwangkette. Dass sie auf dem Profil 3 Mühlberg's nach Norden geneigt erscheint, kommt daher, dass gerade an dieser Stelle der Querschnitt vom Kellenköpfli zu der Waldhütte eine nordöstliche Richtung einschlägt.

1. Erklärung der Ueberschiebungen als Faltenverwerfungen.

Die bisher besprochenen Thatsachen verlangen eine Erklärung. Es ist schon angedeutet worden, dass dazu die Theorie der Faltenverwerfungen nicht genügt. Es soll dies jetzt in mehr allgemeiner Weise durch Begründung der nachfolgenden Sätze geschehen.

1. Im Kettenjura gehen normale Schichtfalten nirgends in der Weise im Streichen in Ueberschiebungen über, dass der Mittelschenkel allmählich an Mächtigkeit abnimmt und endlich ganz verschwindet.

2. Die Schichtfalten und die Ueberschiebungen haben durchaus nicht immer dieselbe Streichrichtung.

3. Die Ueberschiebung ist in der Schubrichtung nirgends weit genug gewesen, um einen wenigstens 800 m mächtigen Mittelschenkel vollkommen auszuwalzen.

4. Die Schichten unter und über der Schubfläche sind sehr häufig steiler als diese selbst gestellt.

5. Nirgends sind längs der Schubfläche sichere Spuren eines noch nicht völlig ausgewalzten oder ganz unversehrten Mittelflügels sichtbar.

6. Auch was sonst an Quetschungen und Verzerrungen längs der Schubfläche in den hangenden und liegenden Gebirgsmassen zu sehen ist, beschränkt sich nur auf eine sehr schmale Zone und entspricht keineswegs so gewaltigen mechanischen Vorgängen, wie sie die Auswalzung eines ganzen Mittelflügels zur Voraussetzung hat.

Wenn es mit diesen Sätzen seine Richtigkeit hat, dann können die Ueberschiebungen im Juragebirge unmöglich als Faltenverwerfungen gelten, denn es gehen denselben alsdann alle charakteristischen Eigenschaften, welche Heim und Margerie [1] für die „Faltungsüberschiebungen" aufgestellt haben, ab.

1. Satz: Die normalen Schichtfalten gehen nirgends im Streichen in der Weise in Ueberschiebungen über, dass der Mittelschenkel allmählich an Mächtigkeit abnimmt und endlich ganz verschwindet.

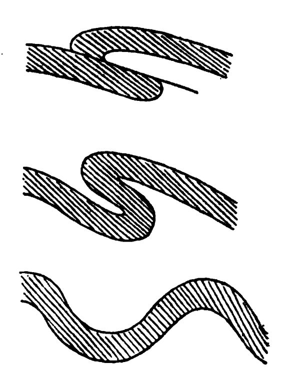


Fig. 36. Uebergang von zwei Sätteln in einen Sattel durch Auswalzung des Mittelschenkels.

Mit überzeugender Anschaulichkeit lässt sich dieser erste Satz natürlich erst durch die Veröffentlichung der Mühlberg-schen Aufnahmeblätter beweisen. Soweit ich diese selbst und den Jura kenne, ist kein einziger Fall vorhanden, wo ein derartiger Uebergang sichtbar oder auch nur wahrscheinlich wäre. Es müssten nämlich aus einer Ueberschiebung, wo sie seitlich aufhört, jedesmal zwei Sättel hervorgehen nach dem beigedruckten Schema (Fig. 36). Für die Ueberschiebungen in der Farisberger und Weissenstein-Kette ist dies nun von vornherein desshalb ausgeschlossen, weil jede dieser Ketten überhaupt nur aus einem einzigen Sattel besteht. Das gleiche gilt aber auch für die Ueberschiebungen des Lägern, Kastenberg und der Gislifluh. In der Hauptregion der Ueberschiebungen endlich zwischen dem Meridian von Wildegg und Basel schaaren sich die-

[1] Dislocationen der Erdrinde. 1888. S. 69.

selben schuppenartig in so grosser Zahl, dass man statt der vorhandenen 4 oder 5 mindestens 14 Sättel zu supponiren hätte, um die Erklärung durch Faltenverwerfungen aufrecht erhalten zu können. Es ist ferner von grosser Wichtigkeit festzustellen, dass bisher noch niemand gesehen hat, dass im Mittelschenkel einer normalen Falte im Streichen gegen eine Ueberschiebung die einzelnen Formationsglieder in ihrer Mächtigkeit reducirt und dem entsprechend auch die einzelnen Mineralkörper derselben, z. B. die Oolithe und versteinerten thierischen Hartgebilde, deformirt, ausgezogen und ausgewalzt seien. Schwankungen kommen natürlich in der Mächtigkeit der einzelnen Stufen hier ebenso wie allerorten vor, aber sie sind in keine Beziehung zu den Ueberschiebungen zu bringen, da sie nichts von den erwähnten inneren Umformungen zeigen.

2. Die Schichtfalten und die Ueberschiebungen haben durchaus nicht immer dieselbe Streichrichtung.

Dass im Grossen und Ganzen die Richtungen der Faltungen und der Ueberschiebungen dieselbe ist, kann nicht leicht verkannt werden, und es drängt sich diese Wahrnehmung jedem so unwillkürlich auf, dass darüber gewöhnlich die bald nur kleinen, oft aber auch ziemlich grossen Divergenzen ganz übersehen werden. Ich verweise hierfür auf das, was wir bereits für die Ueberschiebungen in der Weissenstein- und Farisberg-Kette festgestellt haben. Besonders auffällig wird der Mangel an Parallelität aber bei der Bilstein-Ueberschiebung, die von SSW nach NNO streicht, während die überschobene Passwangkette O—W gerichtet ist. Viele andere Fälle werden uns später ohne Zweifel die geologischen Karten enthüllen.

3. Die Ueberschiebung ist in der Schubrichtung nirgends weit genug gewesen, um einen wenigstens 800 m mächtigen Mittelflügel vollkommen auszuwalzen.

Wenn ich hier, wie schon früher (S. 69), die Mächtigkeit der gefalteten Schichten auf 800 m veranschlage, so stütze ich mich dabei in erster Linie auf die allerdings nicht ganz vollständigen Angaben Mühlberg's. Für den Malm bin ich unsicher und es mag sein, dass ich ihn um 100 oder 200 m zu niedrig angesetzt habe, indessen würde das nur wenig Einfluss auf die nachfolgende Berechnung haben, weil je mächtiger die Schichten sind, um so stärker zwar die Belastung der Walze wird, aber um so dicker auch der auszuwalzende Mittelschenkel ist.

Für die äusserste Ueberschiebung des Kettenjura über den Tafeljura, wie sie durch das Reigoldswiler Profil (Einlage III) dar-

gestellt ist, beträgt die Schubweite ungefähr 1 ½ km. Wenn man nun die für die Theorie günstigsten Annahmen machen wollte, dass nämlich der Mittelschenkel ursprünglich nicht länger als breit gewesen sei und seine Gesteine, unter dem Drucke des ebenfalls 800 m mächtigen Gewölbesattels stehend, durch den horizontalen Zug, der aus der Ueberfaltung hervorging, sich vollkommen plastisch verhalten hätten, dann wäre es denkbar, dass der Mittelschenkel in der Richtung der bewegenden Kraft ausgewalzt worden sei. Hierbei könnten zwei Fälle eintreten. Entweder wurde der Schenkel zu einer gleichmässig dünnen oder zu einer keilförmigen Lage ausgewalzt, die sich nach vorne immer mehr zuschärfte. Im ersteren Falle müsste man bei einer Schubweite von 1300 bis 2400 m die umgekehrt liegenden Schichten des

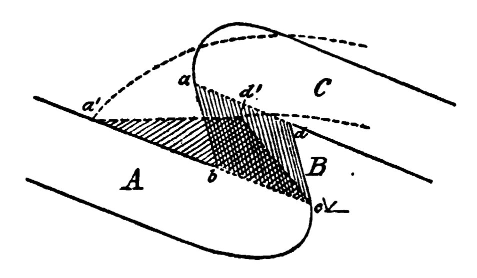


Fig. 37. Querschnitt durch eine Falte vor und nach (punktirt) Auswalzung des Mittelschenkels, unter Zugrundelegung der im Texte angegebenen Mächtigkeiten. *A* Mulden-, *B* Mittel-, *C* Gewölbeschenkel. *abcd* = *B* vor, *a'd'c* = *B* nach der Auswalzung. 1 : 50,000.

Mittelschenkels immer noch in einer Mächtigkeit von 2—300 m antreffen. Dies ist aber nicht der Fall, selbst da nicht, wo nach MÜHLBERG's Angaben die grösste Schubweite existirt, nämlich in der Hauensteingegend, die sich ungefähr auf 2200 m berechnen lässt.

Im zweiten Fall würde der ausgewalzte Schenkel im Querschnitt die Form eines Dreieckes statt der ursprünglichen eines Rhombus zeigen müssen. In Fig. 37 ist diese Form für die Reigoldswiler Ueberschiebung dargestellt unter der Annahme, dass die Schubweite nicht bloss 1500, sondern 2300 m betrage und an der Stirn der Ueberschiebung gerade die Reduction auf 0 eingetreten sei. Ich bezweifle, dass selbst der verwegenste der Faltentheoretiker eine so gewaltig rasche Auswalzung wird annehmen wollen, die allen unseren physikalischen Erfahrungen zu widersprechen den Anschein hat. Aber selbst dann müssten wir z. B. beim Orte Reigoldswil den um-

gedrehten Mittelschenkel noch immer mit 400 m Mächtigkeit erwarten, wo doch in Wirklichkeit gar nichts davon vorhanden ist.

Wir müssen also eingestehen, dass die Schubweite viel zu unbedeutend ist, um eine vollkommene Auswalzung zu erzeugen, selbst wenn die ungemein günstigen Verhältnisse unserer gemachten Annahmen geherrscht hätten. Da wir ausserdem aus dem vollkommenen Fehlen des Mittelschenkels viel eher zu dem Schlusse berechtigt sind, dass derselbe überhaupt nie vorhanden war, so ist der Theorie der Faltenverwerfungen im Jura offenbar der Boden ganz und gar entzogen und es erscheint fast unnöthig, noch auf eine andere Schwierigkeit hinzuweisen, die dieser Theorie entgegensteht. Es wiederholen sich nämlich die Ueberschiebungen mehrfach, schuppenförmig über

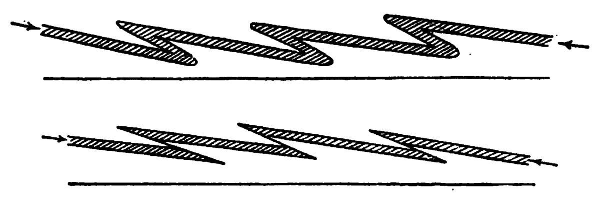


Fig. 38. Schematische Darstellung dreier Ueberschiebungen, die als Faltenverwerfungen aus drei forcirten Sätteln hervorgegangen gedacht sind.

einander. Soll da nun jeder Ueberschiebung ein ausgewalzter Flügel entsprechen? und wenn so, wie will man dann die Thätigkeit des Walzenapparates erklären? In Fig. 38 sind drei Ueberschiebungen dargestellt und ihrer Aufeinanderfolge nach nummerirt. Die Auswalzung der Mittelschenkel kann unmöglich als gleichzeitig vor sich gehend gedacht werden, da sonst von den mittleren Falten ebensowohl die Gewölbe- als die Mittelschenkel (2 und 3) ausgewalzt worden sein müssten. Wenn sie aber eine nach der anderen entstanden, also 2 eher über 1 als 3 über 2 geschoben wurde, woher sollte dann bei der Auswalzung des zwischen 2 und 3 liegenden Mittelschenkels der von 2 aus nothwendige Gegendruck nach Süd kommen, da 2 ja selbst schon dem tangentialen Druck entzogen war? Die gleiche Schwierigkeit bietet sich aber auch dar, wenn wir die Altersfolge der Ueberschiebungen in umgekehrter Reihe von 4 nach 1 annehmen.

4. Die Schichten unter und über der Schubfläche sind sehr häufig steiler als diese selbst gestellt. Es ist eine Forderung, die an jede Faltenverwerfung gestellt worden ist, dass der die äusseren Faltenflügel verbindende und durch die Ueberschiebungsfläche repräsentirte Mittelflügel steiler stehe als jene (Fig. 38).

Man braucht nun aber nur die von MÜHLBERG veröffentlichten Profile anzusehen, um sofort zu erkennen, dass bei vielen Ueberschiebungen diese Schichtenlage nicht existirt. Theils fallen die liegenden Schichten steiler und sogar widersinnig (z. B. am Farisberg), theils fallen die liegenden und hangenden Schichten (z. B. am Kellenköpfli) steiler als die Schubfläche. Oder aber die hangenden Schichten sind so vielfältig hin und her gebogen und der Boden der einzelnen Mulden von der Schubfläche so rücksichtslos gegen die faltenden Druck- und Zugkräfte abgeschnitten, dass es ganz unmöglich erscheint, die Erklärung aufrecht zu erhalten, als hätten die Hangendschichten als Walze die Mittelflügel ausgewalzt.

5. Nirgends sind längs der Schubfläche sichere Spuren eines noch nicht völlig ausgewalzten oder ganz unversehrten Mittelflügels sichtbar. Dies ist natürlich für die Theorie der Faltenverwerfungen einer der ausschlaggebendsten Punkte, da es ja ganz undenkbar ist, dass ein Mittelflügel gänzlich zu nichts sich auswalzen lasse. Irgendwo, und insbesondere nahe der Umbiegung in die hangenden oder liegenden Flügel, müssen ja doch noch Reste übrig geblieben sein.

Wo die Aufschlüsse tief genug herabgehen und die Stellen entblösst sind, wo der liegende Flügel sich in den Mittelflügel umbiegen müsste, wie z. B. bei den Ueberschiebungen der Weissenstein- und Farisberg-Kette, da sind keinerlei Andeutungen dieser Umbiegung oder Stücke eines verkehrt liegenden Flügels bisher entdeckt worden. Ihr Vorhandensein könnte also nur für diejenigen Ueberschiebungen hypothetisch behauptet werden, wo ihr sicherer Nachweis in Folge der Tiefenlage unmöglich ist.

Die Umbiegung des hangenden Flügels in den Mittelschenkel wäre an der Stirn der Ueberschiebung zu erwarten und ihr Fehlen könnte somit durch die Annahme motivirt werden, dass die Erosion sie bereits meistens abgetragen habe und nur noch stellenweise Stücke davon erhalten geblieben wären. Als solche könnten in der That die Umbiegungen angesprochen werden, welche an der Stirn der Ueberschiebung zuweilen recht deutlich hervortreten und auch auf den MÜHLBERG'schen Profilen dargestellt sind. Indessen darf man dabei nicht ausser Auge lassen, dass auch einfache Ueberschiebungen auf Brüchen solche Umbiegungen durch Schleppung auf der Reibungsfläche erzeugen, und wir dürfen uns also der Aufgabe nicht entziehen, zu untersuchen, ob die erwähnten, wirklich vorhandenen Umbiegungen durch einfache Schleppung oder durch Auswalzung eines vollkommenen

Mittelflügels entstanden sind. Wenn letzteres der Fall sein sollte, so haben wir zu erwarten, dass die umgebogenen Schichten in dem Masse, als sie sich immer mehr umkehren und unter den Hangendflügel zu liegen kommen, zugleich auch dünner werden, so dass z. B. ein 50 m starkes Oolithlager allmählich auf 40, 30, 20 und schliesslich 0 m herabsinkt, wobei aber zugleich die erst kugelrunde Oolithe stetig sich zu erst mandel-, dann scheibenförmigen Körpern abflachen. Wenn hingegen die Umbiegung eine Folge einfacher Schleppung ist, dann wird man eine solche Formumwandlung nicht aber, hauptsächlich Zerrissenheit und brecciöse Zertrümmerung der Schichten zu erwarten haben.

Es scheint nun eine Thatsache zu sein, dass, wo immer die Schichten in verkehrter Lage auftreten, sie keine auffallenden Spuren von Auswalzung zeigen. Ich habe gar nichts davon sehen können, und auch Mühlberg berichtet nirgends davon. Ich habe in den umgekippten Stirnrändern die Versteinerungen ebenso vollkommen e-r halten gefunden als in den normal gelagerten entsprechenden Schichten. Die Oolithe waren überall gleich, auch in den einzelnen Schollen, die bei Läufelfingen zwischen der Molasse und dem übergeschobenen Muschelkalk eingeklemmt liegen. Gerade letztere müssten ja aber bei Faltenverwerfungen als letzte Reste einer ursprünglich wenigstens 700 m mächtigen Schichtenreihe ganz erhebliche Verzerrungen und Ausquetschungen zeigen. Da sie es nicht thun, so geben sie sich eben dadurch als abgebrochene und geschleppte Theile von überschobenen oder übergeschobenen Gebirgstheilen zu erkennen.

6. A u c h   w a s   s o n s t   a n   Q u e t s c h u n g e n   u n d   V e r z e r r u n g e n   l ä n g s   d e r   S c h u b f l ä c h e   i n   d e n   h a n g e n d e n   u n d   l i e g e n d e n   G e b i r g s m a s s e n   z u   s e h e n   i s t ,   b e s c h r ä n k t   s i c h   n u r   a u f   e i n e   s e h r   s c h m a l e   Z o n e   u n d   e n t s p r i c h t   k e i n e s w e g s   s o   g e w a l t i g e n   m e c h a n i s c h e n   V o r g ä n g e n ,   w i e   s i e   d i e   A u s w a l z u n g   e i n e s   g a n z e n   M i t t e l s c h e n k e l s   z u r   V o r a u s s e t z u n g   h a t. Man bemerkt allerdings zuweilen dicht unter oder über der Schubfläche starke innere Zertrümmerung und Pressung in den Gesteinen (z. B. in den tertiären Mergeln nördlich von Reigoldswil, oder in dem Jura bei Neunbrunn); aber das sind Erscheinungen, die nicht auf Auswalzung hinweisen, sondern als natürliche mechanische Begleiterscheinungen des Schubes der hangenden über die liegenden Gesteinsmassen aufgefasst werden können.

Wenn also nach alledem die Ueberschiebungen im schweize-

rischen Jura nicht als Faltenverwerfungen[1] in demjenigen Sinne, welcher diesem Worte ursprünglich beigelegt worden ist, gelten können, so bleibt zu untersuchen, ob eine andere Erklärung den Thatsachen gerechter wird.

2. Erklärung der Ueberschiebungen aus gefalteten Sprüngen.

Man kann sich vorstellen, dass wenn grosse Verwerfungen auf mehr oder weniger senkrechten Bruchspalten der Faltung eines Gebietes vorausgegangen sind, dass dann später diese Verwerfungsspalten ebenso wie die Schichten selbst mitgefaltet wurden und dabei aus ihrer ursprünglichen Lage in eine geneigtere oder auch ganz

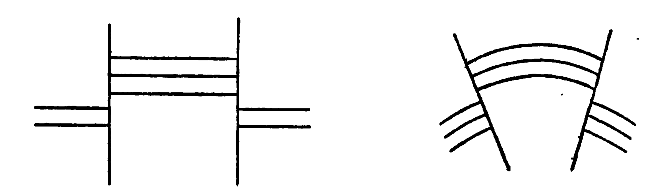


Fig. 39. Zwei ursprünglich senkrechte Verwerfungsspalten vor und nach der Faltung.

horizontale gekommen sind. Dieser in anderen Gebirgen aufgestellte Erklärungsversuch stösst jedoch im Jura auf so grosse Schwierigkeiten, dass er hier nicht anwendbar erscheint. Es folgen sich nämlich im Jura eine grosse Anzahl von Ueberschiebungen übereinander in einem Bereiche, das aus mehreren Sätteln und Mulden besteht. Alle aber sind flach nach Süden geneigt. Wären sie nun ursprünglich saigere Sprünge gewesen, so hätten sie durch die Faltung sich theils nach Süden, theils nach Norden neigen müssen, je nachdem sie auf die eine oder andere Flanke eines Sattels zu liegen kamen (s. Fig. 39). Aber nicht nur wird diese Bedingung nicht erfüllt, sondern es zeigt sich auch, dass mehrere der nach Süden geneigten Bruchflächen auf der Südseite der Sättel liegen (in der Weissenstein-, Farisberg- und Passwangkette), wo sie nach der Theorie just nach Norden einschiessen sollten. Es hat somit diese Art der Erklärung keine besondere Aussichten auf Anhänger.

---

[1] Auch die von Bertrand (Bull. Soc. geol. France 1884) beschriebenen Ueberschiebungen bei Besançon sprechen, soweit sich dies aus den mitgetheilten Profilen beurtheilen lässt, nicht für diese Hypothese.

3. Erklärung durch vorausgehende Erosion.

Diesen Weg hat Prof. Mühlberg beschritten. Ausgehend von der Ansicht, dass eine regelmässige Faltung der Schichten nur so lange möglich ist, als ihre Continuität nirgends eine Unterbrechung erlitten hat, nimmt er an, dass während einer langsamen, aber andauernden Faltung des Juragebirges gleichzeitig auf der sich bewegenden Oberfläche die Erosion der fliessenden Gewässer thätig war und Quer-

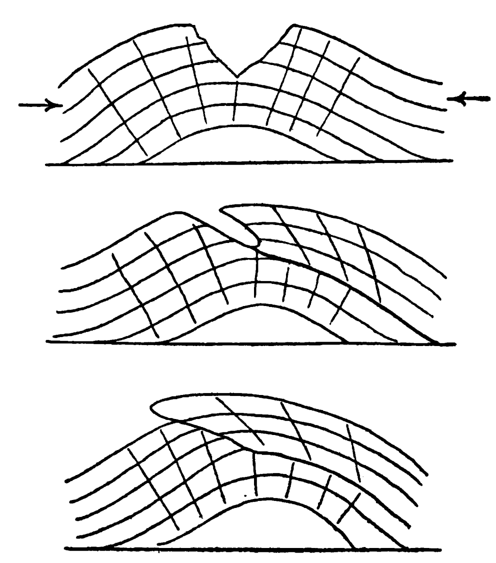


Fig. 40. Schematische Darstellung von Ueberschiebungen, die sich oberflächlich an Stelle von bereits vorhandenen Erosionseinschnitten während der Gebirgsfaltung bilden können.

und Längsthäler erzeugte. Wo nun diese Längsthäler auf der Höhe der Sättel sich tief genug eingeschnitten hatten, konnten die durchschnittenen Schichten die horizontal schiebende Kraft nicht mehr fortpflanzen, die Faltung wurde unterbrochen, aber die durch Erosion entstandene Lücke zugeschoben, wobei allerdings stets der Schub von Süden der kräftigere gewesen sein muss. Ich habe versucht, diesen Gedankengang in nebenstehenden Figuren zu versinnbildlichen, woraus man leicht ersieht, dass unter den gemachten Voraussetzungen in der That Ueberschiebungen eintreten können, dass dieselben aber nicht nur auf den zusammengepressten Thalflanken, sondern auch auf der von der Thalsohle berührten Schichtfläche vor sich gehen müssen (Fig. 40).

Will man diese Hypothese auf die Jura-Ueberschiebungen anwenden, so erscheint es mir nothwendig, für die Weissenstein- und Farisberg-Kette Längsthäler anzunehmen, die tiefer eingeschnitten waren, als die heutigen tiefsten Thäler in dieser Gegend, und für die weiten Ueberschiebungen am Rande des Kettenjura müsste man nicht nur sehr tiefe, sondern auch enorm breite Thäler supponiren, deren ehemalige Existenz, wie mir scheint, kaum durch irgend welche Thatsache wahrscheinlich gemacht werden kann.

Jedenfalls ist es für Anhänger dieser Hypothese nöthig, sich darüber vollkommen klar zu sein, dass die Ueberschiebungen danach nur ganz oberflächliche Erscheinungen sein können und dass unter den Schuppen des Kettenjura eine ganz regelmässig gefaltete Gebirgsmasse zu erwarten wäre.

4. Erklärung der Ueberschiebungen aus ursprünglich flachen Rissen.

Aus der Art, wie die Schubflächen im Jura die Falten durchschneiden, geht als äusserst wahrscheinlich hervor, dass dieselben jünger als die Falten sind. Wenn wir nun annehmen, dass die Faltung selbst durch in der Erdkruste thätigen, tangentialen Druck entstanden ist, und dass dadurch der oberste Theil der sich faltenden Kruste gehoben wurde, dann müssen unsere Ueberschiebungen, die alle, soweit wir sie kennen, in den obersten Theilen liegen, während dieser Hebung in den gehobenen und dadurch der faltenden Kraft entzogenen Theilen eingetreten sein. Es ist aber sehr begreiflich, dass in den gehobenen Gebirgstheilen der seitliche Zusammenschub, der in der Tiefe noch vor sich ging, aufhörte, dass dieselben somit über den in unserem Falle nach Süden sich bewegenden Massen der Tiefe in ihrer Lage verharrten und sich damit scheinbar oder wirklich dem ungefalteten Tafeljura näherten und endlich sogar über denselben heraufgeschoben wurden. Vielleicht allerdings war dieser Schub kein aktiver, sondern nur ein passiver, indem eigentlich der Tafeljura in Bewegung war und unter die gehobenen Theile des Kettenjura geschoben wurde, so dass wir mit mehr Recht von Unter- als von Ueberschiebungen sprechen könnten. Da aber gewiss auch durch den Zusammenschub der tieferen Theile die gehobenen Massen eine Bewegung nach Norden erhielten und das Mass dieser Bewegung nach Norden einstweilen ebenso wenig bekannt ist als dasjenige der Südbewegung des Tafeljuras, so empfiehlt es sich doch, den Ausdruck „Ueberschiebung“ beizubehalten, aber mit dem Vor-

behalte, dass damit nur eine relative Bewegung zum Ausdruck gebracht sein soll. Da die gefalteten Schichten in der Tiefe von der Seite her gepresst wurden, als wären sie in einem Schraubstock eingespannt, so mussten, wie das aus den von DAUBRÉE mitgetheilten Experimenten hervorgeht, in den oberflächlichen Theilen Risse entstehen, die entweder zur Druckfläche rechtwinkelig oder spitzwinkelig orientirt waren, die also auf unserer Erdoberfläche theils als saigere Querspalten, theils als flachfallende bis söhlige Längsspalten erscheinen müssen. Durch diese Längsspalten wurden die oberen der Faltung

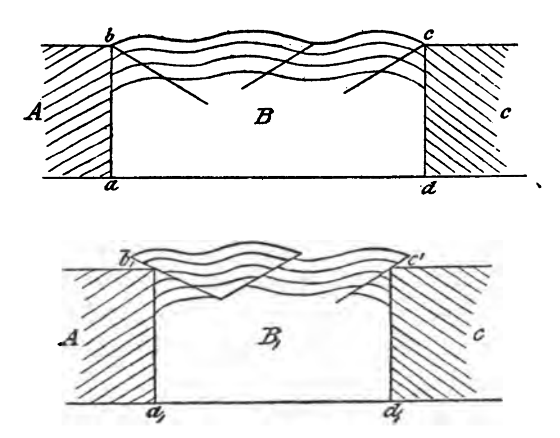


Fig. 41. Schematische Darstellung des Vorganges, durch den in gefaltetem Gebirge durch den seitlichen Druck geneigte Bruchflächen entstehen und bei fortgesetzter Druckwirkung zu Ueberschiebungen führen können. *A* und *C* stellen seitliches Tafelland dar, das auf den Linien *ab* und *cd* an die bereits zusammengepresste Masse *B* angrenzt. Bei B_1 sind $a_1 b_1$ und $c_1 d_1$ bereits erheblich näher an einander gesehen.

entzogenen Massen von den tieferen abgetrennt und es konnten auf diesen Spalten selbst jene wirklichen oder scheinbaren Bewegungen vor sich gehen, die wir jetzt als Ueberschiebungen bezeichnen. Demselben Druck also, der die Faltung in der Tiefe erzeugt, müssen nach dieser Hypothese auch die flachliegenden Ueberschiebungsspalten zugeschrieben werden.

Nach dem Schema der beigefügten Figur sollte man nun freilich sowohl nach Süd wie auch nach Nord gerichtete, hauptsächlich aber im Norden nach Nord und im Süden nach Süd gerichtete Ueberschiebungen erwarten. Da nun aber im ganzen Kettenjura nur nördliche Ueberschiebungen zu finden sind, so wird man vielleicht nicht abgeneigt sein, was B. STUDER schon vor 40 Jahren gethan hat,

ebenfalls zu thun und den Jura mit den Alpen in Beziehung zu bringen, wobei dann natürlich dem Jura die Nordüberschiebungen zufallen müssen. Gegen diese Annahme scheint nun allerdings die scheinbar einfache Lagerung im dazwischen liegenden Molasseland zu sprechen. Aber da die Nordalpen selbst über die Molasse nach Norden herübergeschoben sind, also eine Art von Wiederholung der grossen Juraüberschiebungen sich damit einstellt, so wird man doch wieder in der Vermuthung bestärkt, dass eine einheitliche grosse Gebirgsbewegung es gewesen sei, welche die Alpen und den Jura in pliocäner oder jungmiocäner Zeit gehoben und auf der Nordseite schuppenartig nach Norden überschoben habe.

Dass es aber auch im Norden an Südüberschiebungen nicht ganz gefehlt habe, wie es unsere Hypothese eigentlich verlangt, beweisen die grossen Südüberschiebungen in den Glarner Alpen. Und auch im Jura vermuthe ich eine solche in dem Aarburger Sattel, dessen ganz flach nordfallender Nordflügel auf einem saigeren Südflügel so aufliegt, als ob er nach Süden über denselben heraufgeschoben worden sei. Es verdiente derselbe wohl eine genauere Untersuchung.

V. Die Ueberschiebungen im Nordwesten des schottischen Hochlandes.

Das schottische Hochland gehört zu denjenigen Gegenden, in welchen die Ueberschiebungen am leichtesten erkannt und am erfolgreichsten studirt werden können. Es rührt dies von einer Vereinigung günstiger Umstände her, die sich nicht so leicht anderwärts wiederfindet. Die Aufschlüsse sind ausgezeichnet, da Cultur- und Waldland fast gänzlich fehlen. Nirgends treten menschliche Satzungen der Begehung des Geländes entgegen, das in Folge seines hügeligen bis bergigen Charakters, seiner zahlreichen Thäler und fjordartigen Seebecken und Meeresbuchten natürliche Anschnitte und Entblössungen der Gesteine und Schichten in Fülle bietet. Jüngere Ablagerungen quartären Alters sind nicht sehr mächtig und auch nicht allzu ausgedehnt. Selbst die nie fehlenden Moorländer, welche fast das einzige Hinderniss für die geologische Beobachtung sind, lassen stets, wenn auch mit zahlreichen Unterbrechungen, den Untergrund zu Tage treten.

Das Bergland bietet herrliche Aufschlüsse, ohne doch so wild zu sein, dass eine genaue Begehung mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft oder gar unmöglich gemacht würde. Von erhöhten Punkten überschaut man ein weites Gebiet und man gewinnt einen tektonischen Ueberblick, wie er in bewaldeten Ländern nicht leicht zu erreichen ist. Dabei sind die geologischen Verhältnisse verhältnissmässig einfache, es betheiligen sich nur wenige Glieder der archäischen und der ältesten palaeozoischen Systeme am Aufbau des Landes, und dieselben unterscheiden sich unter einander erheblich durch ihre petrographische Beschaffenheit. Die Ueberschiebungen selbst sind meist sehr flach und von so beträchtlicher Weite, dass sie sich auf ungewöhnlich grosse Erstreckungen hin beobachten lassen.

Wenn wir gleichwohl noch sehr wenig über dieselben unterrichtet sind, und ihr Vorhandensein in Schottland selbst nur erst seit ungefähr 10 Jahren sich allgemeiner Anerkennung zu erfreuen hat, so liegt die Schuld daran in erster Linie in der Unwirthlichkeit und weiten Abgelegenheit dieses Gebietes selbst. Gegenwärtig gibt es zwar nette Gasthäuser und auch genügende Fahrstrassen in dieser landschaftlich so herrlichen Gegend, früher jedoch war dies anders und eine Reise dahin brachte viel Unbequemlichkeiten mit sich. Aber auch heute noch mag das überaus nasse und windige Clima für viele ein grosses Hinderniss werden. In zweiter Linie erwies sich die Flachheit der Ueberschiebungen selbst als verhängnissvoll. Die älteren Schichten wiederholen sich über den jüngeren mit meist gleicher Neigung, die zugleich ungefähr diejenige der Ueberlagerungsfläche ist. So kam es, dass MACCULOCH im Anfang dieses Jahrhunderts die übergeschobenen archaeischen Gesteine für jünger als die überschobenen ansah, indem er die ganze Schichtenmasse für eine regelmässig übereinander gelagerte Schichtenreihe nahm, bei der das jüngere stets über dem älteren liegt. Später schloss sich MURCHISON (seit 1855) auf Grund eigner Untersuchungen dieser Auffassung an und legte damit die Fundamente zur Lehre von den jüngeren metamorphen Gneissen, welche eine so bedeutende und vielfach verhängnissvolle Rolle in der Entwickelung der Geologie und Petrographie zu spielen berufen war. Gleichzeitig erhob allerdings NICOL (1856—1861) Einsprache dagegen, indem er behauptete, der jüngere Gneiss sei ebenso alt wie der ältere und erst nachträglich in seine jetzige Lage gebracht worden, läge aber überhaupt nicht so flach, als angegeben werde, über dem Silur. Allein sein Widerspruch konnte sich gegenüber MURCHISON's Bestimmtheit nicht zur Geltung

bringen und so fanden die jüngeren silurischen Gneisse Schottlands nicht nur in der britischen Survey, sondern auch bei der Mehrzahl der Geologen überhaupt eine gläubige Aufnahme.

Erst zu Ende der siebziger Jahre fand die Nicol'sche Ansicht wieder Anhänger, die für ihre Ueberzeugung entschieden eintraten, zugleich aber auch zugaben, dass der Gneiss wirklich flach über den palaeozoischen Sedimenten ausgebreitet sei, so dass also auch Murchison und sein Anhang theilweise Recht behielten. Besondere Wichtigkeit haben die Arbeiten von Callaway und Lapworth erlangt, weil durch sie der Glaube an den jüngeren Gneiss heftig erschüttert wurde. In dieser Zeit wendete sich auch die schottische geologische Survey diesem Theil des Hochlandes wieder zu, und es wurden nun zum erstenmal genaue geologische Aufnahmen desselben gemacht, um die Thatsachen, welche man bisher in so verschiedener Weise gedeutet hatte, in ihrer Gesammtheit kennen zu lernen. Sehr bald stellte sich dabei das Irrthümliche der Murchison'schen Auffassung heraus und bereits im Jahre 1884 wurde dieselbe auch von der Survey selbst öffentlich aufgegeben. Seither hat die geologische Kartirung ihren ruhigen Fortgang genommen und wird auch jetzt, nachdem der Küstenstrich von Cape Wrath an bis herab zur Höhe von Skye absolvirt ist, noch weiter nach Süden fortgesetzt. Die geologischen Karten sind im Maassstab von 1 : 63,360, einzelne Blätter auch von 1 : 10,560 angefertigt. Soweit ich dieselben mit der Natur zu vergleichen in die Lage gekommen bin, habe ich mich davon überzeugt, dass sie mit einer grossen Genauigkeit ausgeführt sind, und in vieler Beziehung dürfen sie sogar geradezu als Musterkarten bezeichnet werden, weil sie sich auf ein Minimum von Hypothesen beschränken, das wirklich Vorhandene aber mit derjenigen Vollständigkeit darzustellen anstreben, welche der Maassstab der Karte irgendwie erlaubt. Es ist durch dieselben und durch einen vorläufigen, aber sehr ausführlichen Bericht der Survey[1] eine solche Fülle von Thatsachen ans Licht gekommen, dass die alte Frage nach dem prae- oder postsilurischen Gneiss bereits vollkommen beantwortet ist und zwar in dem Sinne Nicol's. Zeitweilig schien eine neue Fragestellung aufzutauchen, aber auch sie ist, wie es scheint, den Thatsachen gegenüber verschwunden. Lapworth und die Survey, angeregt durch die Faltenverwerfungstheorie Heim's, machten anfänglich einen Versuch, dieselbe auf die tektonischen Verhältnisse

---

[1] Quart. Journal geol. soc. 1888. S. 378.

bei Durness anzuwenden, aber ich glaube beide sind wieder davon zurückgekommen. Im Bericht von 1888 heisst es (S. 411): „There are two points, however, in the former official report which, in the light of recent evidence, require modification. First, it was stated that during the incipient stages of the movements the strata were thrown into folds, which became steeper along the western fronts, till they were disrupted and the eastern limbs pushed westwards. The folds were believed to have culminated in reversed faults; but it is now apparent that the latter need not necessarily be preceded by folding“ . . .

Weiter wird auf die Ursache dieser gewaltigen overthrusts und die näheren Umstände bei ihrer Entstehung nicht eingegangen, und es ist dies auch ganz verständlich. Wenn wirklich das Gebirge von Osten her bis 12 km weit über dasjenige im Westen herübergeschoben worden ist, so muss auch das Gebirge im Centrum und im Osten des nördlichen Hochlands an dieser Bewegung Antheil genommen haben. Ueber die Ursache dieser Bewegung können wir uns aber erst eine Vorstellung machen, wenn wir die Natur dieses Gebirges genau kennen. Dies ist aber gegenwärtig noch nicht der Fall. Das weite Gebiet der sog. Moineshists ist noch fast völlig unerforscht und wird es erst werden, wenn die Survey es in ähnlicher Weise wie die westlichen Küstentheile aufgenommen haben wird.

Man kann zwar schon jetzt die Vermuthung aussprechen, dass es ein vordevonisches Faltengebirg darstelle, an dem archaeische, cambrische und silurische Sedimente und Eruptivgesteine sich betheiligen, dessen Falten jedoch durch eine stark ausgeprägte Schieferung häufig stark verdeckt sind; allein eine solche Vermuthung, so wahrscheinlich sie auch gemacht werden kann, ist doch noch lange keine genügende Basis, um darauf eine Theorie der mechanischen Vorgänge, denen die Ueberschiebungen im Westen ihren Ursprung verdanken, aufzubauen. Wenn also gerade in theoretischer Beziehung die Hochlande uns noch keine besondere Ausbeute versprechen, so thun sie dies um so mehr in Beziehung auf das Thatsächliche der Ueberschiebungen selbst. Sie lehren uns die Erscheinungsweise und die Begleiterscheinungen der Ueberschiebungen in einer ganz vortrefflichen Weise kennen und das ist, so lange ihre Existenz überhaupt noch, wie es wirklich der Fall ist, viele Zweifler hat, vor allem nöthig.

Wenn ich im Nachfolgenden gerade auf diese Seite des Gegenstandes näher eingehe, so bin ich nicht gemeint, neues über die

Tektonik des Hochlandes zu bringen. Einem äusserst glücklichen Umstand habe ich es zu verdanken, dass ich im Spätherbst 1893 in Begleitung und unter Führung der Herren Sir ARCHIBALD GEIKIE, HORN, PEACH und TEALL 8 Tage lang die Insel Skye und die Umgebung von Strome kennen lernen konnte, und dass ich auch bei meinen weiteren zweiwöchentlichen Wanderungen in Sutherland, die ich allein unternahm, mich der liebenswürdigen Rathschläge und Unterstützung dieser Herren zu erfreuen hatte, denen ich mit Vergnügen hier nochmals meinen Dank dafür ausspreche. So war es mir möglich, in 3 Wochen sehr viel zu sehen, wofür mir andernfalls die Zeit nicht gereicht hätte. Ich muss gestehen, dass, so sehr ich mir auch Mühe gab, es mir doch nicht gelungen ist, wesentliche Fehler in der tektonischen Auffassung der schottischen Geologen zu entdecken, und es hat mich dies mit um so grösserer Freude erfüllt, als ihre Auffassung ja in vollkommenem Einklang mit derjenigen steht, die ich auf dem Continente gewonnen hatte.

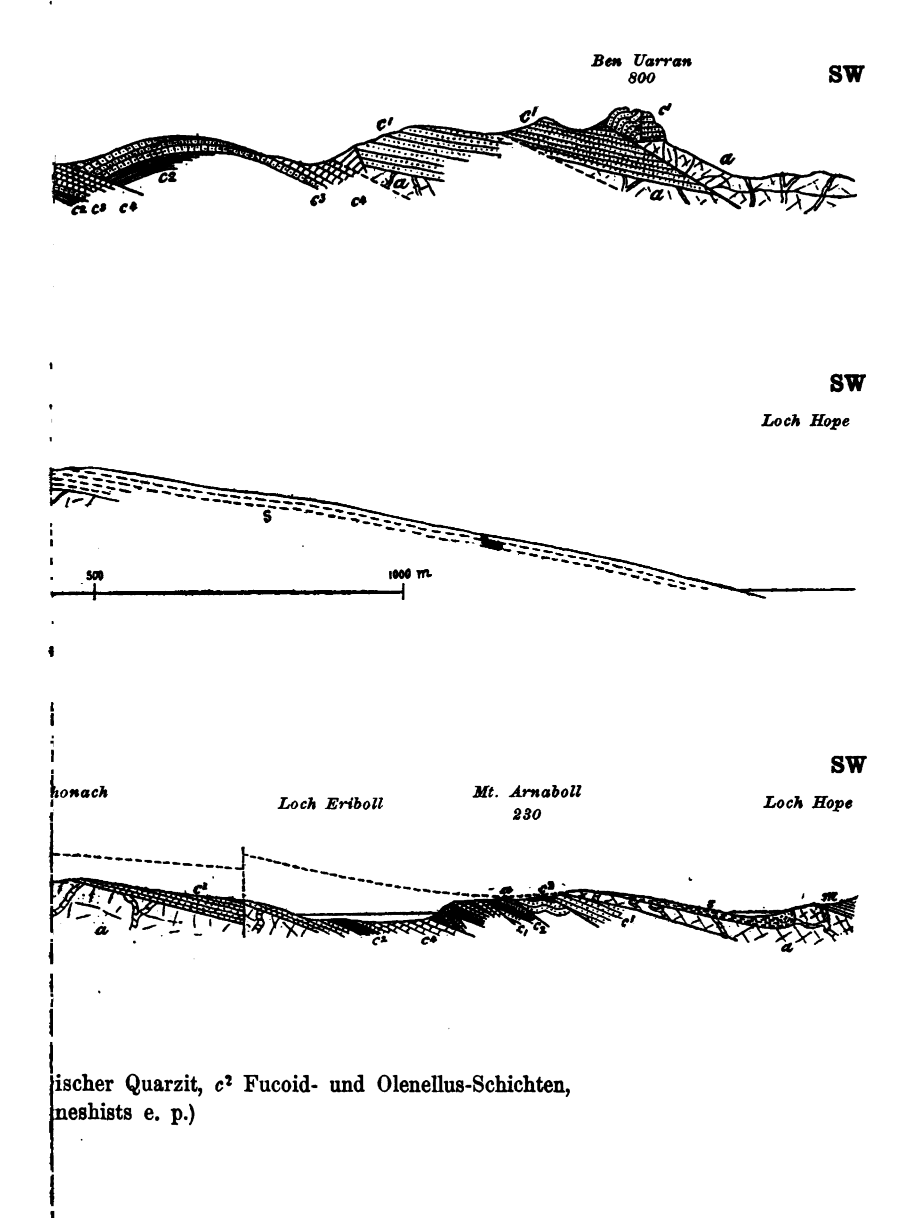
In der Nähe der Westküste ist der geologische Bau ein auffällig einfacher und klarer. Auf mächtig entwickelten, archäischen, granitischen Gesteinen, dem sog. Lewisian-Gneiss, liegt ein bis zu 1000 m Mächtigkeit anschwellendes, meist rothes Sandsteinlager, der sog. Torridon-Sandstein. Er führt keine Versteinerungen und wird als praecambrisch bezeichnet, weil er von den folgenden cambrischen, weissen, quarzitischen Scolithus-Sandsteinen (pipe-rocks) discordant überlagert wird. An vielen Stellen fehlt dieser Torridon-Sandstein aber auch ganz, und es liegt dann der Scolithus-Sandstein unmittelbar auf den archäischen Gesteinen, die jedoch nicht überall granitisch entwickelt sind, sondern stellenweise auch aus Schiefern bestehen, über deren Alter man aber noch nichts weiss und die desshalb einstweilen ebenfalls unter dem Lewisian-Gneiss mit einbegriffen werden. Im Nachfolgenden verstehe ich jedoch unter Lewisian-Gneiss nur die granitischen Gesteine. Ueber dem Scolithus-Sandstein folgt zuerst ein nicht sehr mächtiger gelber Dolomit mit sog. Fucoiden und schwarze Schiefer mit *Olenellus*, sodann ein weisser, quarzitischer Sandstein mit *Salterella*. Den Schluss bilden Dolomite und Kalksteine von nicht unbedeutender Mächtigkeit, der sog. Durness-limestone, der jedoch viel häufiger Dolomit als Kalkstein ist, fast stets Kieselausscheidungen einschliesst und besonders in der Umgebung von Durness in seinen oberen Lagen Versteinerungen führt. Letztere wurden schon von MURCHISON als silurisch angesprochen. Durch die Auffindung von *Olenellus* hat sich jedoch neuerdings die Survey bewogen gefühlt, die ganze Gesteins-

reihe vom Torridon-Sandstein an aufwärts ins Cambrium, diesen ins Praecambrium zu versetzen. Für uns ist es zunächst gleichgültig, ob der Durnesskalkstein cambrisch oder untersilurisch ist, auch wird sich das nur durch eine Neubearbeitung der betreffenden Fauna entscheiden lassen.

Die erwähnten Sedimente liegen längs der Westküste von der Nordspitze Schottlands an bis Ullapool ganz ungefaltet, aber mit schwacher Neigung nach Osten. Sie bilden also ein schwach nach Osten geneigtes Tafelland, das aber durch die von Westen her arbeitende Erosion stark zernagt, von Thälern durchfucht und zu einzelnen Tafelbergen umgeformt ist. Von der Küste landeinwärts schreitend, kommt man der Reihe nach aus den älteren in die jüngeren Schichten. Sobald man aber letztere erreicht hat, stellen sich Wiederholungen der ganzen oder gewöhnlich nur der oberen Hälfte der Schichtreihe ein, aber stets mit gleicher östlicher Neigung (siehe Fig. 42, Einlage IV). Man erhält so z. B. die Aufeinanderfolge 1 2 3 4 5 2 3 4 5 oder 1 2 3 4 5 4 5 3 4 2 3 4 5 u. s. w. Noch liegen alle Schichten normal innerhalb der einzelnen Wiederholungen. Weiter ostwärts treten dann aber auch andere Serien ein, z. B. 1 2 3 4 5 4 3 2 3 4 5, und lassen innerhalb der einzelnen Wiederholungen einen deutlichen Falten- resp. Sattelbau erkennen, der ebenso durch den Wechsel der Schichtenneigung markirt wird. Im Osten ist also das Gebirg gefaltet, im Westen nicht. Das östliche Faltengebirg ist nach Westen auf zahlreichen flachliegenden Bruchflächen über das westliche, schwach geneigte Tafelland ganz in ähnlicher Weise wie der südliche Kettenjura über den Tafeljura nach Norden heraufgeschoben. Die Geologen der Survey haben erkannt, dass die schuppenförmig übereinander liegenden Ueberschiebungen verschiedenwerthig sind. Drei derselben, die sie als Glencoul-, Ben More- und Moine-thrust bezeichnet haben, sind besonders bedeutend und auf sehr wenig geneigten, oft sogar horizontalen Flächen vor sich gegangen. Es sind die Maximum-thrusts; dazwischen liegen andere, die Major-thrusts, welche sich von den ersteren durch die geringere Weite der Ueberschiebung unterscheiden. In unzählbarer Menge treten dazwischen aber noch die stets steiler gestellten Minor-thrusts auf (Fig. 45), die nur sehr kurz sind und oben wie unten von den major- und maximum-thrusts abgeschnitten werden.

Auf diesen verschiedenartigen thrustplanes lassen sich sehr häufig mechanische und chemische Umwandlungen beobachten, aus denen auf eine vorausgegangene Kraftentfaltung geschlossen werden

n im Sutherland.



ischer Quarzit, c^2 Fucoid- und Olenellus-Schichten,
neshists e. p.)


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

muss. Am stärksten erweisen sich diese Umwandlungen längs der maximum-thrusts, bei den anderen sind sie geringer oder fehlen häufig auch ganz. Die Dolomite sind nahe den Ueberschiebungsflächen gewöhnlich sehr stark zerklüftet, breccienartig zertrümmert und von feinen Calcitäderchen nach allen Richtungen durchzogen. In den quarzigen Sandsteinen stellt sich durch innere Zertrümmerung ein feineres Korn ein, und wo archäische Gesteine darübergeschoben sind, haben sich im Sandstein zahlreiche sericitische Glimmerhäute ausgeschieden. Die Zertrümmerungen und inneren Verschiebungen

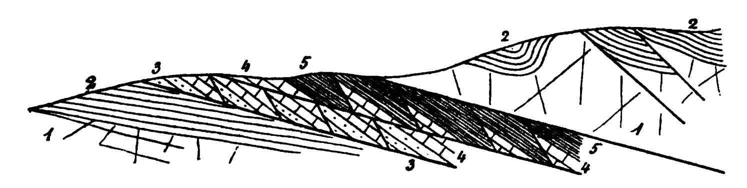


Fig. 45. Schematische Darstellung der Major- und Minor-thrusts, wie sie 1884 von Geologen der schottischen Survey gegeben worden ist. Die Major-thrusts liegen sehr flach und schneiden die steileren Minor-thrusts unten und oben ab.

lassen sich, wo verticale Wurmröhren vorhanden waren, oft schon ohne Weiteres an der Plattdrückung und Schiefstellung der Röhren erkennen. Nach den Angaben der schottischen Geologen sollen auf diese Weise auch grössere Gerölle im Sandstein plattgedrückt und zu langen Linsen oder Bändern ausgezogen worden sein. Indessen steht in Bezug hierauf ein exacter mikroskopischer Nachweis noch aus. Dicht an der Ueberschiebungsfläche ist das Gestein oft ganz geflammt in Folge von inneren Umformungen, dabei ist es aber ganz fest und zerfällt nicht leicht in Trümmer.

Auch die archäischen granitischen Gesteine zeigen solche Umwandlungen. Die grossen Feldspathe sind zu kleinen Körnern zertrümmert, die unter einander verschoben und zwischen denen feine sericitische Häute ausgeschieden worden sind, so dass der ursprünglich grobkrystallinische Granit das Aussehen eines feinkörnigen Schiefers erhalten hat. Dieser sehr auffällige Wechsel im Gesteinscharakter macht sich aber nur direct neben grossen Ueberschiebungen geltend und scheint meist schon auf die Entfernung einiger Meter zu erlöschen. Lapworth hat 1885 (Nature) für diese „microscopic pressure-breccias with fluxion structure“ den recht passenden und wohl auch auf den Lochseitenkalk anwendbaren Namen „Mylonit“ vorgeschlagen.

Mit dieser Art von Druckschieferung darf freilich die eigenthümliche Bänderung, welche die granitischen archäischen Gesteine des Hochlandes so häufig sowohl in den übergeschobenen als auch in den überschobenen, tafelförmigen Theilen besitzen, nicht verwechselt werden. Diese Bänderung kann mit der Schieferung schon desshalb in gar keine Beziehung gebracht werden, weil, wo sie auftritt, jene gewöhnlich gänzlich fehlt. Die Bänderung ist hervorgerufen durch eine lagenweise verschiedenartige Gruppirung der einzelnen Mineralarten und wird in Folge der verschiedenen Farben dieser Mineralien in der Regel schon von Ferne deutlich sichtbar. In der Nähe hingegen verwischt sich die Grenze der einzelnen Lagen oft mehr oder weniger, weil einzelne Mineralien aus der einen in die andere Lage hineinreichen. Gleichwohl gibt diese Bänderung den Gesteinen oftmals ein gneissartiges Aussehen und man hat dieselben desshalb schon frühe als Gneisse (Hebridean-, Lewisian- oder Archaean-Gneiss) bezeichnet, obwohl sie diesen Namen eigentlich nicht verdienen (Report 1888, S. 387, Anm.). Vom echten Gneiss unterscheidet sie meist schon die mineralogische Zusammensetzung, sie sind basischer, enthalten zu wenig Quarz und Glimmer und zu viel Amphibol, Pyroxen, Plagioklas etc. Sodann scheint die lagenweise Gruppirung der Mineralien keiner wahren Schichtung, sondern einer Art von Fluctuationsstructur zu entsprechen. Die Geologen der Survey sind hierüber noch zu keinem abgeschlossenen Ergebniss gekommen, wie aus dem neuesten officiellen Report von 1893 hervorgeht. 1888 allerdings wurde der Anschauung Ausdruck verliehen, dass die Bänderung secundär in einem ursprünglich massigen, aber stark basischen und von vielen Pegmatit- und Secretionsgängen durchzogenen Gestein durch rein mechanische Einwirkungen erzeugt worden sei. Mechanischer Druck, über dessen Entstehung wir allerdings völlig im Unklaren bleiben, weil er schon vor Ablagerung der praecambrischen Sedimente stattgefunden haben soll, habe Bewegung in diesen schon verfestigten Gesteinen hervorgerufen, wodurch die granitischen sauren Gänge in der Richtung der Bewegung ausgezogen worden und mit den basischen Massen, die in derselben Richtung gestreckt und ausgezogen wurden, in eine secundäre, parallele Wechsellagerung gekommen seien.

Hierdurch wird allerdings die chemische Differenzirung, welche in der Bänderung zum Ausdruck kommt, erklärt, aber auf einem sehr umständlichen und gewaltsamen Wege, für dessen wirkliches Vorhandensein doch wohl die genügenden Beweise noch nicht er-

bracht sind. Ein massiges, festes Gestein hätte nachträglich vollkommen umkrystallisieren und zugleich dabei eine Art von Fliessen der Substanzen stattfinden müssen, wodurch die erst unregelmässig vertheilten Massen eine regelmässige lagenweise Anordnung erhielten. Unter solchen Umständen ist es doch wohl einfacher, wenn man nach A. Geikie's neuestem Vorschlag dieses Fliessen als etwas Ursprüngliches, als eine Fluctuationserscheinung auffasst, die vor dem ersten Erstarren dieser Eruptivmassen stattfand. In der That scheinen mir sehr viele Umstände für diese Ansicht zu sprechen. Zunächst ist die Bänderung durchaus keine regelmässige und obwohl in der Richtung der Bänder oft auf grössere Strecken eine gewisse, an Schichtung erinnernde Gleichmässigkeit zu herrschen scheint, so bemerkt man bei näherem Zusehen im Einzelnen doch stets Unregelmässigkeiten. Plötzlich treten sehr verwickelte Stauchungen und Faltungen der Bänder auf, ohne dass dieselben sich weiterhin sichtbar machen. Oder ebenso plötzlich verschwindet die Bänderung überhaupt ganz und macht einer regellos körnigen Structur Platz. Gar nicht selten umschliessen die Bänder aber auch, nach Art von Einschlüssen, unregelmässig begrenzte Blöcke von regellos körniger Structur.

Ganz dieselben Erscheinungen zeigen die tertiären Gabbros auf der Insel Skye, deren eruptive Natur jetzt nach den Arbeiten von Judd und Geikie allgemein anerkannt ist. Es war mir äusserst werthvoll, diese Gabbros in den Cuillin-hills unter der Führung Geikie's kennen gelernt zu haben, ehe ich die archäischen Gesteine des Hochlandes besuchte. Denn dadurch wurde es mir möglich, mich von der auffallenden Aehnlichkeit, welche zwischen diesen tertiären und jenen archäischen, gebänderten Massen existirt, und die ja seinerzeit Murchison veranlasst hatte, auch die tertiären Gabbros geradezu mit den archäischen Gneissen des Hochlandes zu identificiren, selbst zu überzeugen. Da indessen über diesen Gegenstand von Seiten Geikie's und der Survey eingehende Untersuchungen gemacht werden, so will ich nicht näher auf denselben eingehen und nur in Kürze anführen, was für unseren Gegenstand wichtig ist.

Was man in den Cuillin-hills als Gabbro bezeichnet hat, besteht aus verschiedenartigen Gesteinen, unter denen ein grobkörniger Gabbro und ein feinkörniger bis dicht erscheinender Grünstein, dessen mineralogische Zusammensetzung nur das Mikroskop feststellen kann, die Hauptrolle spielen. Der Grünstein ist häufig als vulkanische Breccie entwickelt, in welcher der Gabbro als massiges oder gebän-

dertes Gestein stock- und gangförmig aufsetzt. Er umschliesst an vielen Stellen (z. B. am Druim an Eidhne) grössere und kleinere, unregelmässig geformte Stücke des Grünsteines. Wo die Bänderung im Gabbro deutlich entwickelt ist, schneiden die einzelnen Bänder an solchen Einschlüssen scharf ab. Oft sind sie auf grosse Strecken ganz gleichförmig nach Art schwach geneigter Schichten entwickelt, manchmal verwickeln sie sich unversehens zu Schlingen, oder aber sie löschen plötzlich aus, um bald nachher wieder aufzutauchen. Dies ist die eine der merkwürdigsten Aehnlichkeiten mit den gebänderten archäischen Gesteinen, nur dass auf Skye alles Gabbro ist, im Hochland aber auch andere Gesteinsarten, als Diorite, Diabase, Syenite, Granite etc., in dieser Form auftreten. Die andere Aehnlichkeit besteht darin, dass wie im Hochland granitische und insbesondere pegmatitische Gänge ohne Bänderung in Menge und ganz regellos durch die gebänderten Massen setzen, so auch auf Skye Granite resp. Porphyre gangförmig im gebänderten tertiären Gabbro aufsetzen. Man kann dies am Druim an Eidhne sehr gut verfolgen, wie ein grosser granitischer Stock nahe dem Contact mit den besagten Grünsteinen und Gabbros erst granophyrische bis sphaerulithische Structur annimmt und dann bis mehrere Meter breite und zum Theil recht lange, porphyrische und sphaerulithische Apophysen in den Gabbro entsendet[1].

Wie es nun gewiss sehr ungerechtfertigt wäre, wenn man die tertiären eruptiven Gabbros von Skye als Gneisse bezeichnen wollte, ebenso sollte man, wie mir scheint, auch für die so ähnlichen archäischen Gebilde diesen Namen vermeiden. Eher könnte man sie, wenn man mit Teall[2] unter Gneiss nur eine Structurart verstehen will, als gneissartige Granite, Diorite, Syenite, Gabbros etc. anführen, aber das Adjectiv „gebändert“ scheint mir doch viel unzweideutiger.

Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass die neuerdings von Frank Adams beschriebenen praecambrischen Anorthosite eine structurell ganz ähnliche Formation sein dürften, und ebenso möchte ich hierher die schlierigen Granite des Green Mountains in New-England stellen, deren Structur, soweit ich sie aus eigner Anschauung

---

[1] Judd hielt diese Granite für älter als den Gabbro. Aber wenigstens am Druim an Eidhne ist dies gewiss nicht der Fall. Die Aufschlüsse sind dort sehr gute und neuerdings von A. Geikie (Quat. Journ. geol. Soc., London 1894, S. 212) sehr eingehend und überzeugend beschrieben worden.

[2] Geol. Magaz. III 4. 1887. S. 484.

kenne, schwerlich im Sinne PUMPELLY's genügend erklärt werden kann. Auch anderwärts kommen ähnliche Bildungen gar nicht selten vor und sind z. B. aus Sachsen als Varietäten echter granitischer Gesteine beschrieben worden.

Es ist eine durch die genauen Aufnahmen der Survey vollkommen sicher gestellte Thatsache, dass der Lewisian-Gneiss oder, wie wir jetzt vielleicht besser sagen würden, die Lewisian-Formation nicht nur als Basis des überschobenen westlichen Tafellandes, sondern auch in dem übergeschobenen östlichen Gebirge vorkommt. An manchen Stellen fehlt er jedoch auch ganz und statt dessen treten die sog. Moine-shists auf. Es werden mit diesem Namen alle die wirklich schiefrigen Gesteine des Ostens bezeichnet, über deren Natur und Alter etwas Bestimmtes noch nicht gewusst wird. Sicher ist nur, dass darunter sehr Verschiedenartiges zusammengefasst wird. So bestehen dieselben z. B. bei Cnocan südlich von Inchnadampf aus feingeschichtetem, echtem, zum Theil granatführendem Glimmerschiefer. An anderen Stellen sind es Thonschiefer und Grauwackenschiefer, die in Folge der Druckschieferung und allgemeinen Gebirgsmetamorphose ein mehr oder minder krystallinisches Aussehen gewonnen haben, in Ermangelung von Versteinerungen aber einstweilen nur als palaeozoische Schiefer bezeichnet werden können. Solche Schiefer liegen z. B. am Mt. Arnaboll auf den granitischen, gebänderten Lewisian-Gesteinen, ganz ebenso wie weiter im Westen der Torridon-Sandstein. Warum die geologische Karte an dieser Stelle eine Ueberschiebung zwischen beide Gesteine gelegt hat, ist mir nicht klar geworden, da ich keinerlei Anzeichen davon habe sehen können. Es waren hierbei vielleicht theoretische Bedenken massgebend, auf die ich um so mehr hinweisen möchte, als es ja gerade im Plan dieser Arbeit liegt, den Einfluss nachzuweisen, den theoretische Ideen auf unser Beobachtungsvermögen ausüben.

Man geht unter den Geologen der Survey meist stillschweigend von der Voraussetzung aus, dass alle geschichteten Gesteine selbst dann einmal ganz gewöhnliche Sedimente waren, wie sie von der palaeozoischen Zeit bis in die Gegenwart sich gebildet haben, wenn sie auch jetzt ein davon noch so verschiedenes Aussehen haben. Nicht geschichtete Gesteine hingegen sind „igneous rocks“, und sie bilden die Basis für alle Sedimente. Da nun die Bänderung in den archäischen „igneous rocks“ des Lewisian-Gneisses nicht für Schichtung angesehen wird, so haben einige schottische Geologen, wie bereits erwähnt wurde, die Bänderung aus den Wirkungen einer be-

sonderen Dynamometamorphose erklärt. Die wirklich schiefrigen Gesteine aber haben hier zum Theil eine vollkommen krystallinische Beschaffenheit, bestehen aus Feldspath, Quarz, Granat und Glimmer und haben also mit dem gebänderten Lewisian-Gneiss eine gewisse Aehnlichkeit; andere hingegen erweisen sich in unzweifelhafter Weise als Sedimente. Entweder nun müssen nach der angeführten theoretischen Anschauung die krystallinischen Schiefer aus sedimentären Schiefern durch Metamorphose oder aus granitischen Gesteinen durch Dynamometamorphose hervorgegangen sein. Aus dem Bestreben, dieselben der einen oder anderen Bildung zuzuweisen, ist noch kein irgendwie allgemein befriedigendes Resultat hervorgegangen, und es scheint mir auch zweifelhaft, ob je ein solches wird erreicht werden können, wenn man nicht vorher von allen theoretischen Annahmen absieht und die verschiedenen Schieferarten nicht einfach nach ihrer petrographischen Beschaffenheit kartirt. Dann erst wird man übersehen können, ob überhaupt die krystallinischen Schiefer mit den deutlich palaeozoischen altersgleich sind, oder ob sie einer besonderen, vielleicht archäischen Periode angehören, oder ob sie gar sich an die Granite anschliessen. Sicher ist, dass eine Trennung der gewöhnlichen und der krystallinischen Schiefergesteine im schottischen Hochland ebenso leicht durchführbar ist wie in anderen Ländern.

Wenn wir also im Auge behalten, dass die Bänderung in der Lewisian-Formation und die krystallinische Natur eines Theiles der Moine shists wahrscheinlich ursprüngliche Bildungen sind, jedenfalls aber nichts mit den mechanischen Veränderungen zu thun haben, welche durch die grossen ostwestlichen Ueberschiebungen hervorgebracht wurden, so ergibt sich für letztere selbst nur ein örtlich eng begrenztes Wirkungsgebiet. Die innere Gesteinszermalmung, welche gleichzeitig zu bedeutenden chemischen Auflösungen und mineralischen Neubildungen führte, ist durchaus auf die nächste Nähe der Ueberschiebungsflächen beschränkt. Hier wird das gewöhnliche Aussehen der verschiedenen Gesteinsarten bald mehr, bald weniger stark verändert. Die Kalksteine und Dolomite sind stark zertrümmert, breccienartig und ausgelaugt. Die quarzitischen Gesteine haben ein zerbrochenes Korn und sind schiefrig geworden. Sericitische Glimmerhäute haben sich auf den Klüften und Schieferungsflächen im Dolomit und Quarzit ausgeschieden. Am auffälligsten werden, wenigstens stellenweise, diese Umwandlungen in den granitischen, übergeschobenen archäischen Gesteinen, die in einer manch-

mal mehrere Meter mächtigen Zone im Dach der Ueberschiebung völlig zermalmt und parallel zu der Ueberschiebungsfläche fein schiefrig geworden sind. Hier erreicht die Ausscheidung sericitischer Glimmerhäute ihr Maximum, was wegen des Vorhandenseins leicht löslicher Silicate in den betreffenden Gesteinen eigentlich selbstverständlich ist.

Wenn man ausser dieser Geringfügigkeit der mechanischen Umwandlungen noch die Thatsache in Betracht zieht, dass nirgends auf eine Längserstreckung von 100 km bisher längs der Ueberschiebungen die Schichten in umgekehrter Lage angetroffen worden sind, so kann man sich der Ueberzeugung wohl kaum entziehen, dass diese Ueberschiebungen nicht etwa durch übertriebene Faltung und Auswalzung überstürzter Mittelschenkel entstanden sein können.

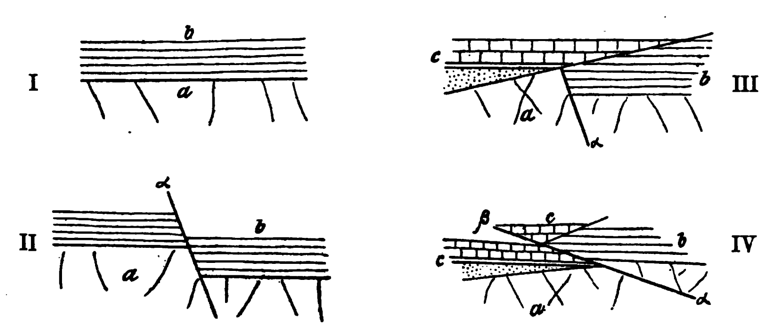


Fig. 46, Schematische Darstellung des Vorganges, wonach aus einer vorcambrischen Verwerfung (Sprung *a*) eine flache Ueberschiebung (*α*—*β*) in nachcambrischer Zeit hervorgegangen ist (nach Callaway). *a* hebridischer, *b* caledonischer Gneiss, *c* palaeozoische Sedimente.

Wenn trotzdem Lapworth und die Geologen der Survey anfangs diese Erklärung für die gewaltigen Ueberschiebungen acceptirten, so wurden sie nicht durch die Beweiskraft der Thatsachen selbst darauf gebracht, sondern nur durch die Aehnlichkeit der Verhältnisse mit denjenigen in den Glarner Alpen, welche man damals ziemlich allgemein in dieser Weise zu deuten gewohnt war. Nach unseren vorausgegangenen Erörterungen kann heute diesem Analogieschluss keine Kraft mehr inne wohnen.

Eine andere Erklärung hatte schon vorher Callaway zu geben versucht. Er nimmt an, dass die flach nach Osten geneigte Ueberschiebungsspalte aus einer ursprünglich verticalen hervorgegangen ist und stellt sich den Vorgang ungefähr so vor (Fig. 46), wie die nebenstehenden 4 Zeichnungen es veranschaulichen. Zuerst erfolgte nach Bildung des älteren „hebridischen“ und des jüngeren „cale-

donischen“ Gneisses (Fig. I) eine Bruchspalte, auf der nach Art gewöhnlicher Verwerfungen oder Sprünge die östliche Gebirgsmasse absank (II). Erosion, in dazu umgekehrtem Sinne thätig, trug dann das höhere westliche Gebirge soweit ab, dass der jüngere caledonische Gneiss dort ganz verschwand und das östliche gesunkene Gebirge allmählich gegenüber dem westlichen das höher gelegene wurde. Dann erfolgte Absatz der mächtigen palaeozoischen Sedimente, die, entsprechend den verschiedenen Tiefenverhältnissen, im Westen in grösster Mächtigkeit abgesetzt wurden, östlich der praecambrischen Verwerfungsspalte rasch sich auskeilten (III). Nachher erst, also etwa in devonischer Zeit, trat Faltung des ganzen Gebirges durch lateralen Druck ein und dabei wurde jene alte Spalte wieder aufgerissen, wobei auch in ihrer Fortsetzung nach oben die cambrische und silurische Decke zerriss, und es legte sich die erst mehr oder weniger steilgestellte Bruchspalte langsam nach Westen über. Zugleich hob sich diesesmal nicht das westliche, sondern das östliche Gebirge und ward auf diese Weise flach über das erstere hinübergeschoben (Fig. IV).

Diese Hypothese macht die Existenz der Hochlands-Ueberschiebungen abhängig von der Praeexistenz älterer Sprünge. Würden diese zufällig nicht an dieser Stelle vorhanden gewesen sein, so hätte der später thätige, laterale Druck wohl zu Gebirgsfaltungen, aber nicht zu den Ueberschiebungen führen können. In erster Linie also müsste, um dieser Hypothese eine gewisse Realität zu verleihen, die Praeexistenz der angenommenen Sprünge bewiesen werden. Diesen Nachweis suchte Callaway durch die Eintheilung des Grundgebirges in ein älteres westliches und ein jüngeres östliches zu erbringen. Da aber diese Eintheilung keineswegs erwiesen, sondern ebenfalls nur eine Hypothese ist, so ist die Sache damit nicht viel gefördert. Vielleicht werden fortgesetzte Untersuchungen und die Erforschung des östlichen Gebirges uns hierüber mit der Zeit die genügende Aufklärung bringen; aber es lässt sich jetzt noch gar nicht absehen, ob dieselbe im Sinne der Callaway'schen Eintheilung ausfallen wird.

Ein zweites Bedenken, von nicht geringerer Tragweite, muss die grosse Anzahl von Ueberschiebungsspalten hervorrufen, welche die palaeozoischen Schichten durchsetzen und die unmöglich alle auf eine einzige praecambrische Spalte zurückgeführt werden können. Freilich konnte Callaway zur Zeit, als er seine Hypothese aufstellte, diese Thatsache noch nicht in Rechnung stellen, weil sie erst später durch die eingehende Kartirung festgestellt worden ist, aber es

scheint mir durch letztere jener Hypothese viel von ihrer Möglichkeit genommen worden zu sein.

Einfacher und den Thatsachen besser entsprechend ist es jedenfalls, wenn wir annehmen, dass der laterale Druck, welcher zur späteren Silur- oder zur Devon-Zeit das Hochlandgebirge erzeugte, auf ein Gebiet beschränkt geblieben ist, dessen westliche Grenze etwas landeinwärts, aber mit der heutigen Westküste des nördlichen Hochlandes ungefähr parallel verlief. Was davon im Westen lag bis herüber zu den Hebriden, verharrte als ganz oder beinahe ungestörtes Tafelland, über welches das herausgepresste östliche Kettengebirge in ähnlicher Weise von Osten her eine Strecke weit herübergeschoben wurde wie der Ketten- über den Tafeljura.

Das hebridische Tafelland hat gegenwärtig allerdings orographisch diesen Charakter vollständig verloren. Ungeheure Einbrüche haben den grössten Theil desselben in die Tiefe des Meeres versenkt, und was stehen geblieben ist, wurde im Laufe langer geologischer Perioden von der Erosion zernagt und in einzelne Landzungen und Inseln zerschnitten. Auch das caledonische Faltengebirge hat sich wesentlich seither verändert. Von eigentlichen Ketten ist gar nichts mehr zu sehen und auch hier hat die Erosion bedeutende Massen hinweggeführt, deren Volumen wir indessen gegenwärtig noch nicht einmal annähernd berechnen können. Verwerfungen durchsetzen das caledonische Gebirge nach allen Richtungen. Ein Theil derselben sind indessen nachweislich sehr viel jünger als das Gebirge selbst und haben zu Dislocationen geführt, die ebenfalls den ursprünglichen Charakter des Landes verwischt haben. Ein anderer Theil derselben hängt direct mit der Gebirgsbildung zusammen. Es sind das hauptsächlich die langen streichenden Längsverwerfungen, während die Querverwerfungen einer jüngeren Periode angehören dürften, denn diejenige im Norden von Durness oder die längs dem Loch Maree verlaufende setzen aus dem Faltengebirge unverändert ins Tafelland herüber und durchschneiden und verschieben dabei die grossen Längsverwerfungen oder Ueberschiebungen. Letztere haben eine um so grössere Schubweite, je flacher sie sind, und es beschränken sich diese Dislocationen demgemäss hauptsächlich nur auf die oberen Theile des caledonischen Gebirges, d. h. auf die durch in der Tiefe vor sich gehende Faltung in die Höhe gehobenen Gebirgstheile, welche eben damit dem lateralen Druck entzogen wurden.

Soweit stimmt unsere Erklärung vollkommen mit allen bisher bekannt gewordenen Thatsachen überein und macht weiter keine

hypothetischen Voraussetzungen, als dass bei Entstehung der Ueberschiebungen lateraler Druck thätig war und zu Hebungen der dadurch zusammengepressten Massen führte. Diese Hypothese ist nicht nur für das schottische Hochland, sondern für alle die bereits besprochenen anderen Gebiete von Ueberschiebungen ausreichend und an sich in so hohem Grade wahrscheinlich, dass man ihr wohl einen ziemlich hohen Grad von Vertrauen entgegen bringen darf.

Schwieriger wird es jedoch, sobald man auch alle einzelnen Details, welche die Ueberschiebungen erkennen lassen, erklären, also eine förmliche Theorie derselben aufstellen will. Da merkt man bald, dass unsere Kenntniss des Thatsächlichen doch noch erhebliche Lücken aufweist. Als ein besonders gefährlicher Punkt in dieser Beziehung erscheint mir der Unterschied zwischen den minor- und major-thrusts. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass einige wenige Ueberschiebungen, die sehr flach sind, zugleich eine aussergewöhnlich grosse Schubweite besitzen. Aus dem Vorhandensein einzelner „Zeugen“, wie Fig. 43 einen darstellt, lassen sich Schubweiten von bis 10 km nachweisen. Der Report 1888 hat eine grössere Anzahl solcher Zeugen abgebildet. Durch spätere Verwerfungen ist an der Sangobay ein kleiner Zeuge so tief ins Gebirge eingesunken, dass er dadurch der Erosion entgangen ist.

Zwischen diesen grösseren schalten sich aber noch eine oft erstaunlich grosse Anzahl kleiner steiler Ueberschiebungen ein, wie das die Fig. 42 und 43 der Einlage IV angeben. Die schottischen Geologen haben eine schematische Darstellung davon gegeben, wonach die steilen minor-thrusts sowohl unten wie oben an die flacheren major-thrusts anstossen und dort enden (Fig. 45), und auch eine Anzahl von Specialprofilen stellt die Sache so dar.

Ich bin darüber jedoch nicht ins Klare gekommen, ob das wirklich den Thatsachen entspricht. Leicht kann man sich zwar davon überzeugen, dass die minor-thrusts an den hangenden major-thrusts abschneiden, von diesen also gewissermassen discordant überlagert werden; aber dass sie auch von den liegenden major-thrusts abgeschnitten werden, das konnte ich nirgends mit Sicherheit feststellen. So lange aber diese Thatsachen nicht über allen Zweifel hinaus festgestellt sein werden, halte ich es nicht nur für unnöthig, sondern auch für gefährlich, sich in theoretische Erörterungen derselben einzulassen.

VI. Die Ueberschiebungen in Sachsen.

1. Die Lausitzer Ueberschiebung.

Obwohl die Aufschlüsse dieser Ueberschiebung sehr mangelhaft sind und weit hinter denjenigen der alpinen und schottischen Ueberschiebungen zurückstehen, so besitzt diese Lausitzer Hauptverwerfung, wie sie von der sächsischen geologischen Landesanstalt jetzt bezeichnet wird, doch eine ganz hervorragende Bedeutung deshalb, weil sie schon zu Anfang dieses Jahrhunderts (1826) als Ueberschiebung erkannt worden ist und in der Folge sich die bedeutendsten und auf die weitere Entwickelung der Geologie einflussreichsten Männer, wie E. de Beaumont, Buch, Cotta, Humboldt, Leonhard, Naumann und Nöggerath, von der Richtigkeit der Thatsachen und ihrer Deutung überzeugt haben.

Zwischen Oberau bei Meissen und Liebenau bei Zittau grenzt der ältere Lausitzer Granit auf einer 127 km langen und von NW

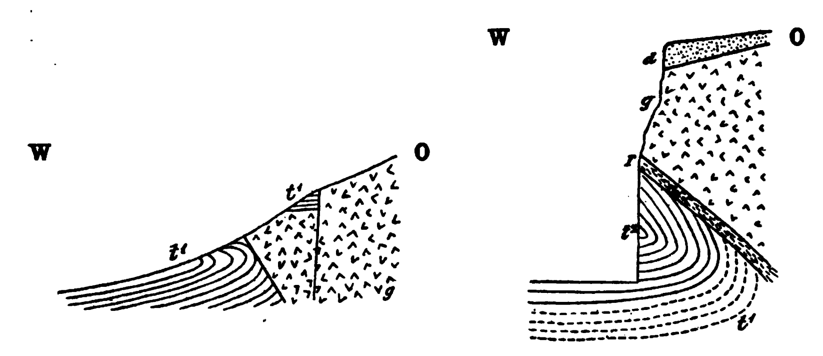


Fig. 47. Ueberschiebung des Granites (*g*) über die überkippten Plänermergel (t_1), südwestlich von Gohlis bei Kötschenbroda (nach Siegert). Rechts trägt *g* noch eine Decke von t_1, zum Beweise seines höheren Alters.

Fig. 48. Ueberschiebung des Syenites (*g*) über den überkippten Plänermergel (t_1) und Plänerkalk (t_2) bei Weinböhla, mit Zwischenlagerung einer 1—2 m starken Reibungsbreccie (*r*) nach Siegert 1 : 500. *d* ist Diluvialsand.

nach SO streichenden Linie an die jüngere Kreide des Elbthales und der sächsischen Schweiz (siehe Fig. 53, Einlage V). Er liegt dabei ebenso hoch oder noch höher als die beinahe horizontal ausgebreiteten Kreideschichten und die Grenzfläche zwischen beiden ist entweder saiger oder, und zwar an vielen Stellen, nach NO mehr oder weniger steil ge-

neigt. In Folge dessen liegt der Granit nicht selten über der Kreide und in diesem Falle stellt sich zuweilen zwischen beiderlei Formationen noch etwas Kreide und Jurakalk, aber in überkippter Lagerung und nach NO einfallend ein. Eine normale Umbiegung dieser überkippten in die benachbarten horizontalen Kreideschichten (Fig. 47—48) ist nur einige Male beobachtet worden und es erscheint nicht unwahrscheinlich, dass auch hier zuweilen eine Ueberschiebung der überkippten

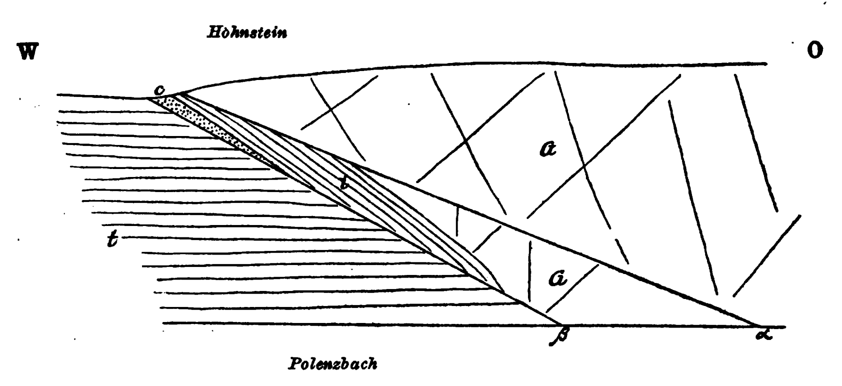


Fig. 49. Schematische Darstellung der Ueberschiebung bei Hohnstein (nach Cotta). 1 : 150. *G* Granit, *i* Jura, *c* Cenoman, *t* Turon, *α* und *β* Ueberschiebungsflächen.

Jura- und Kreide-Schichten stattgefunden hat, wie es unsere schematische Figur 49 darstellt. In der Nähe von Hohnstein hat schon Cotta aus dem Verlauf der Ausbisslinien die Neigung und Weite der Ueberschiebung zu berechnen versucht. Auf Grund neuerer Karten und der geologischen Aufnahmen von Beck kann man auf 380 m sichtbare Schubweite und 21 ° Neigung schliessen, wenn man der Berechnung eine annähernd ebene Ueberschiebungsfläche zu Grunde legt.

Längs der Ueberschiebungsfläche machen sich sowohl im hangenden Granit als auch in der liegenden Kreide starke Störungen geltend. Es tritt eine aussergewöhnlich enge, polygonale Zerklüftung in Begleitung von Rutschflächen auf, und die einzelnen Mineralbestandtheile sind häufig zerbrochen und verschoben. Quarzgänge stellen sich ein und der Quadersandstein lässt seine sonst so deutliche Bankung manchmal nicht mehr erkennen. Die liegenden Gesteine zeigen eigenthümliche „Verzahnung" und eine 1—2 Meter starke Reibungsbreccie stellt sich zuweilen zwischen dem Granit und der Kreide ein (Fig. 48). Granit-, Syenit- und Sandstein-Stücke, z. Th. bis über Kubikmeter gross, Feldspath und Quarzkörner liegen in einer blauen oder rothen, mergeligen Thonmasse eingebettet, die selbst

sackförmig in die liegende Kreide eingreift und auch gegen den hangenden Granit nicht immer ebenflächig endet (Fig. 50). Bei Weinböhla beobachtete SIEGERT auf der etwas unebenen Oberfläche des Kreidekalkes eine Schrammung in den Richtungen O—W und NO —SW wechselnd.

Mit Bezug auf die Einzelheiten verweise ich auf die Darstellungen von B. COTTA (Geognostische Wanderungen, II, 1838), VON DECHEN (Verh. niederrhein. Ges. in Bonn, 1880), R. BECK (Erläut. zu Section Königstein-Hohnstein der geol. Karte von Sachsen, 1893) und TH. SIEGERT (Erl. Sect. Kötschenbroda, 1892).



Fig. 50. Ueberschiebung des Granites über die obere Kreide, am Wartenberg bei Hohnstein (nach COTTA). 1 : 150. *G* Granit, *s* Kreidesandstein und Conglomerat mit Granit- und Jurageschieben, *a* oberer blauer, *b* unterer rother Thon mit eckigen Sandsteinbrocken.

Interessant ist es zu sehen, wie nach Bekanntwerden dieser Ueberschiebung sogleich eine Reihe von verschiedenartigen Deutungen versucht wurden, die auch viel später noch bei den meisten neuentdeckten Ueberschiebungen anderer Länder sich Geltung zu verschaffen gesucht haben.

Wenn man bedenkt, dass in damaliger Zeit der Granit fast allgemein als ältestes oder doch wenigstens als sehr altes Gestein galt und dass horizontale Verschiebungen vom Charakter flach geneigter Ueberschiebungen gänzlich unbekannt waren, so begreift man leicht, dass man von vornherein jeder Erklärung zuneigte, welche diese anscheinend so räthselhaften Verhältnisse in Sachsen auf schon bekannte Erscheinungen zurückführte. So entstand die Anlagerungshypothese, welche den Granit für das Grundgebirge nahm, das aber an den Ufern des Kreidemeeres in Form hoher, steiler, senkrechter und

zum Theil sogar überhängender Wände aufgeragt habe, so dass die Meeressedimente in gleichem Niveau mit dem Ufergranit und zum Theil selbst unter demselben zur Ablagerung kamen. Mit der Feststellung, dass am Contact Juraschichten über der Kreide liegen, war natürlich diese Hypothese erledigt.

Da man früher gerne im Granit einen grossen Revolutionär sah, der gewaltsam aus dem Inneren der Erde empordrang und dabei das Deckgebirge emporhob, steil stellte, zu Gewölben aufrichtete, wohl auch gar in einzelne Stücke zerriss und dieselben hoch in die Luft schleuderte (Erratische Blöcke), so kam die Eruptionshypothese am leichtesten in den Gesichtskreis der damaligen Geologen. Der Lausitzer Granit sollte danach erst nach Ablagerung der sächsischen Kreide emporgedrungen sein, wobei er auch ältere Sedimente (Jura) aus der Tiefe mit herausbrachte und diese, wie sich selbst, eine Strecke weit über die Kreide legte. Es fehlten dieser Hypothese jedoch zwei Stützen, in Ermangelung derer sie ebenso wie die erste bald fast ganz verlassen wurde. Es konnte nämlich der Nachweis des jüngeren Alters des Granites nicht erbracht werden und ebenso wenig liessen sich irgend welche Contacterscheinungen oder Granitapophysen in der Kreide nachweisen.

So blieb denn endlich nur noch die Ueberschiebungshypothese übrig, wonach in Folge von Bewegungen in der Erdkruste der ältere Granit, welcher die Basis der Kreidesedimente gebildet hatte, mit diesen selbst in die Höhe gehoben und von der Seite her über die nicht gehobenen Kreideareale herübergeschoben worden sei. Diese Ansicht ist denn auch bis auf den heutigen Tag die herrschende geblieben, jedoch hat man sich über die Einzelheiten der Vorgänge bei dieser Ueberschiebung im Allgemeinen nur wenig ausgesprochen. Doch lassen sich zwei Richtungen auch da noch deutlich unterscheiden. Die einen nahmen Hebung des Lausitzer Granites an, der sich dabei über das südwestliche Tafelland schob und in demselben durch das Gewicht der übergeschobenen Massen eine schwache, aber einseitige Senkung hervorrief. Die anderen gehen von der Senkung des südwestlichen Kreidegebirges aus, das sich muldenartig längs einer Bruchspalte am Granit senkte und umbog, bis der umgebogene Rand zuletzt sogar überkippte, weil die Senkung selbst im nordöstlichen Gebirg eine Bewegung gegen die Mulde hervorgerufen habe, die SUESS[1] als Rückfaltung bezeichnet hat.

---

[1] Antlitz der Erde. Bd. I, S. 181.

Um diesen zwei Anschauungen gegenüber Stellung zu nehmen, fehlt uns leider noch die Kenntniss einiger entscheidender Thatsachen. Soviel wird allerdings schon jetzt als ziemlich feststehend angenommen werden dürfen, dass die Lausitzer Hauptverwerfung ihren Charakter als Ueberschiebung immer mehr verliert, je weiter man ihr nach SO folgt. Die flach geneigte Ueberlagerungsfläche des Granites wird

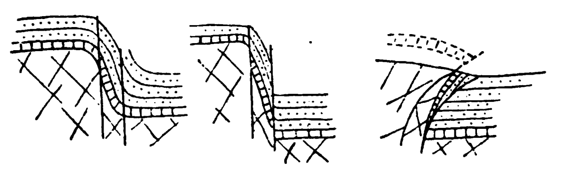


Fig. 51. Entstehung der flachen Ueberschiebungen aus erst steilen und dann überkippten Sprüngen.

immer steiler und schliesslich durchaus senkrecht. Die Kreide fällt nicht mehr unter den Granit ein, sondern von demselben weg und gibt so das Bild einer steilen Flexur, durch welche die höher gelegene Kreide der Lausitzer Platte sich rasch in die Tiefe der Elbkreide herabsenkt. Wie diese Flexur entstanden ist: durch Senkung im Westen oder Hebung im Osten, lässt sich nicht feststellen, ist

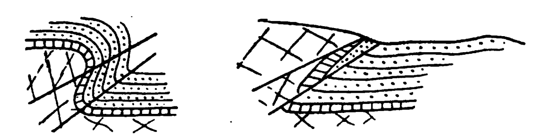


Fig. 52. Entstehung der Ueberschiebungen aus schrägen Zerreissungen.

aber für unseren Fall auch zunächst ohne Belang. Schleppung macht sich überall in den verhältnissmässig gesunkenen Schichten nahe der Verwerfungsspalte geltend, aber sie geht nur da in Ueberkippung über, wo die Verwerfung als Ueberschiebung entwickelt ist und kann nur als Folge dieser gelten. Ob die Ueberschiebung durch eine horizontale Bewegung des westlichen tieferen Gebirges gegen Osten, oder des östlichen höheren Gebirges nach Westen hervorgebracht wurde, ist nicht ausfindig zu machen. Ebenso wenig lässt sich mit Bestimmtheit feststellen, ob die Verwerfung zunächst auf überall senkrechten Spalten vor sich ging, die sich in Folge des seitlichen Druckes erst später in ihren oberen Theilen nach SW umlegten (Fig. 51), oder ob dieselben ursprünglich schon an den einen Stellen als saigere, an den anderen als schiefe Risse entstanden (Fig. 52). Für ersteres könnte

man als Stütze den häufigen Wechsel in der Neigung an nahe gelegenen Orten anführen, welcher vielleicht einer Umbiegung der Kluft gegen die Tiefe entspricht. Für letzteres scheint mir hingegen die Gleichheit der Neigung zu beiden Seiten des Polenzthales zu sprechen, wodurch eine Umbiegung in der Tiefe in keiner Weise angedeutet erscheint.

Der Grund, warum wir in diesem Falle zu keinem bestimmteren Ergebniss gelangen können, liegt in der Unzulänglichkeit der Aufschlüsse. Der Zweifel wäre uns wahrscheinlich längst genommen, wenn wir hier auch wie in den Alpen und dem schottischen Hochlande die hohen Berge und tiefen Thäler oder Meeresbuchten hätten.

2. Die erzgebirgischen Ueberschiebungen bei Frankenberg und Hainichen in Sachsen.

Es ist schon zu Anfang dieses Jahrhunderts bekannt gewesen, dass westlich von Freiberg in Sachsen Gneiss in anomaler Lagerung vorkommt, nämlich nicht an der Basis, sondern im Dache der Grauwackenformation. Pusch hat dies als Mitarbeiter der geognostischen Landesuntersuchung bereits 1809 festgestellt und später in seiner Beschreibung des Weissteingebirges im sächsischen Erzgebirge 1826 auch veröffentlicht. Da er diesen Gneiss aber im Gegensatz zu dem gewöhnlichen erzgebirgischen Gneiss für eine postsilurische, sedimentäre, krystallinische Formation hielt, so blieb einstweilen diese in tektonischer Beziehung ebenso interessante Ueberschiebung viel länger als die Lausitzer unbekannt und zog in keiner Weise die Aufmerksamkeit jener Geologen auf sich, die seit 1828 weither zugereist kamen, um letztere zu studiren. Nur Carl Friedr. Naumann hat sich nachher verschiedentlich mit diesem Gegenstand beschäftigt und 1871 eine geologische Karte im Maassstab von 1 : 30,000 eines Theiles dieser Gegend aufgenommen. Auf Grund derselben stellte er Pusch's jüngeren Gneiss zu den kryptogenen, postsilurischen Gneissbildungen und lässt es unentschieden (Erläut. zur geognost. Karte der Umgegend von Hainichen, 1871), ob er aus der Tiefe über die Silurformation heraufgeschoben wurde, oder als eine metamorphische (?) obere Abtheilung derselben zu betrachten ist (S. 71). Schon 1862 hatte er in seinem Lehrbuch der Geognosie (Bd. I, S. 157) diesen Standpunkt vertreten, wonach zwar an eine Gleichstellung mit der „primitiven Gneissformation“ nicht gedacht werden dürfe, aber auch eine eruptive Bildungsweise, wenn schon möglich, so doch nicht erwiesen sei.

In den Jahren 1877—79 hatte ich diese Gegend für die neue geologische Specialkarte Sachsens aufzunehmen, und ich habe mich dabei vollkommen davon überzeugen können, dass der angeblich jüngere Gneiss wirklich zur archäischen Formation gehört, dass er discordant von Culmschichten überlagert wird und selbst auf Verwerfungsspalten theils über das Silur, theils über die Phyllitformation heraufgeschoben worden ist, dass also seine anomale Lagerung nicht Folge seiner besonderen Bildungsweise, sondern tektonischer, späterer Vorgänge ist. Ich habe meine Ansicht darüber theils schon 1879 in der Zeitschr. d. D. geol. Ges. (Mechanische Gesteinsumwandlungen), theils in den Erläut. zur Section Frankenberg-Hainichen, 1881 niedergelegt.

Indem ich für alles Detail auf diese Veröffentlichungen verweise, will ich hier nur einen kurzen Ueberblick der Verhältnisse geben.

Nach Ablagerung der Silur- und Devonformation erfolgte in Sachsen eine erste beträchtliche Aufrichtung der Schichten, durch welche bereits eine tektonische Trennung des eigentlichen Erzgebirges von dem Granulitgebirge herbeigeführt wurde. Die Culmschichten mit ihren gewaltigen Conglomeratmassen wurden zwischen beiden und auf den Schichtköpfen der älteren Sedimente abgelagert. Dann aber erfolgte nochmals eine erhebliche Gebirgsbildung, durch welche die Culmschichten zu einer Mulde zusammengeschoben wurden und im Wesentlichen der erzgebirgische Faltenbau seine Vollendung erhielt. Darauf lagerten sich oberes Carbon, Perm und die Trias, wenigstens mit ihren unteren Gliedern, discordant ab und wurden selbst später noch mehrmals dislocirt, aber ohne dass es dabei wieder zu so bedeutenden Faltungen und Aufrichtungen gekommen wäre.

Der grossartige Faltungsprocess, welcher zu Ende des palaeozoischen Zeitabschnittes den Boden von fast ganz Deutschland ergriffen hatte und das niederländische oder variscische Gebirgssystem erzeugte, erreichte im Erzgebirge offenbar schon früher als anderwärts, wo er z. B. am Nordrand der Ardennen und des rheinischen Schiefergebirges noch alle oberen carbonischen Ablagerungen mächtig erfasste, sein Ende. Darum ging der Gebirgscharakter in Sachsen auch schneller wieder verloren, und schon am Schlusse der palaeozoischen und während der mesozoischen Zeit war das Land ganz oder wenigstens grossentheils wieder von Wasser bedeckt. Ehe dies jedoch geschah und noch ehe die obercarbonischen Sedimente zur Ablagerung kamen, entstand jene Emporpressung älteren Gebirges bei Frankenberg und Hainichen, die durch die nordöstliche Streichrichtung der Verwerfungs-

spalten und Ueberschiebungsflächen ihren ursächlichen Zusammenhang mit der niederländischen Faltung beweist.

Zwischen dem Sattel des Erzgebirges und demjenigen des Granulitgebirges ist gerade die Culmmulde, nachweislich auf eine Längserstreckung von 18 Kilometern, herausgeschoben worden, so dass der Gneissboden der Mulde über die jüngeren, phyllitischen und silurischen Flügel jener Sättel herübergeschoben wurde. Es ist also der gehobene, 18 km lange und 6—8 km breite Gebirgskeil von zwei Spalten im SO und NW begrenzt. Die nördliche Spalte ist besonders gut am Sachsenburger Schlossweg bei Frankenberg (Fig. 55 der Einlage V) aufgeschlossen und zeigt dort eine südöstliche Neigung von ungefähr 30°. Die südliche Spalte ist nicht in derselben vortrefflichen Weise entblösst und ihre Neigung lässt sich nirgends mit vollkommener Sicherheit feststellen. Durch ihren Verlauf auf der Karte kann man jedoch an mehreren Stellen auf eine steile Neigung nach NW, an anderen auf senkrechte Stellung schliessen.

Wir haben es hier also mit echten Ueberschiebungen auf theils flach fallenden, theils aber auch geradezu saigeren Flächen zu thun. Nirgends liegt der Gneiss concordant auf dem Silur, sicher aber wurde das Culmconglomerat direct auf den Gneiss abgelagert, und damit entfallen zwei Schwierigkeiten, welche Naumann in der Deutung der Gneissbildung empfand, weil er irrthümlich gerade umgekehrt von einer Concordanz mit dem Silur und erst späterer Anlagerung des Culmes an den Gneiss ausging.

Die Emporpressung und Ueberschiebung des Frankenberger Gebirgskeiles wird von ganz ähnlichen Erscheinungen begleitet, wie die bisher besprochenen Ueberschiebungen. Die Schichten sind stark zerklüftet, innerlich zerbrochen und von mineralischen Neubildungen stark ergriffen. Der sehr kataklastisch gewordene Gneiss und Glimmerschiefer hat dadurch häufig ein Aussehen erlangt, das es oft schwierig macht, ihn als Altersgenossen der erzgebirgischen Gneisse und Glimmerschiefer sofort zu erkennen. Besonders stark sind aber die Umwandlungen längs der nördlichen Ueberschiebungsspalte entsprechend dem Umstande, dass hier der horizontale Schub am stärksten war. Die Hornblendeschiefer sind zum Theil zu einer vollkommenen Breccie zerdrückt und ihre ursprünglichen Mineralien zum grössten Theil aufgelöst.

Wo wie in der Umgebung von Hainichen der Hornblendeschiefer des Gebirgskeiles über denjenigen des Granulitgebirges zu liegen gekommen ist, fällt es meist schwer, eine bestimmte Ueberschiebungs-

in

iebung
q Qu

rsdorf

rschieb

che

ebunge
r Rot
ind Er

er-
fer
arf

m-
ur
nir
ne
m

er-
ng
or-
ng
es
n-

eil
es,
es
et
ür
lie
ch

spalt
mit

nulit
erst
Gne
Flüg
18
so
Sach
aufg
30°
enth
Sich
jedc
and

flac
Nir
wur
dan
tun
von
des

Gel
die
sta
dur
unc
es
Gn
sin
spa
am
vol
zu

de
ko

fläche zu erkennen, es muss dort die Breccienzone selbst als ihr Vertreter angesehen werden. Wo hingegen Gneiss auf Hornblendeschiefer liegt, wie bei Sachsenburg, da lässt sich die Grenze ganz scharf ziehen.

Ich habe der Beschreibung, welche ich früher von diesen Umwandlungen gegeben habe, nichts weiter hinzuzufügen und will nur bemerken, dass in der 1879 veröffentlichten Arbeit leider, da mir aus einem Versehen keine Correcturbogen zugekommen waren, eine Anzahl sinnstörender Druckfehler stehen geblieben sind, die ich am Ende des 31. Bandes berichtigt habe (S. 822).

In theoretischer Beziehung kann die Deutung dieser Ueberschiebung keine ernstliche Schwierigkeit bereiten. Ausquetschung von Mittelflügeln sind ebenso ausgeschlossen, wie eruptives Hervordringen des Gneisses zwischen Silur und Culm. Bei der die Faltung begleitenden Hebung des Erzgebirges ist eben hier ein oberflächliches Gebirgsstück abgesprengt worden, weil es der fortgesetzten Zusammenpressung der tiefer gelegenen Massen nicht mehr folgen konnte.

Insofern ist aber diese Bildung von besonderem Interesse, weil hier die Ueberschiebung nicht am Rande des sich faltenden Gebirges, sondern mitten in demselben vor sich ging. Es ist nicht gefaltetes Gebirg über Tafelland, sondern über ebenfalls sich faltendes Gebiet geschoben worden. Wir haben da offenbar eine Bestätigung für unsere Auffassung der Ueberschiebungen in den Glarner Alpen, die combinirt mit den entgegengesetzten Schüben im Sentisgebirge auch eine keilförmig herausgepresste Gebirgsmasse einschliessen.

---

spalt
mit (

nulit
erstr
Gnei
Flüg
18 l
SO
Sach
aufg
30°.
entb
Sich
jedo
and(

flacl
Nir
wur
dam
tun
von
des

Gel
die
stai
dur
unc
es
Gn
sin
spa
am
vol
zu

de
ko



läche zu erkennen, es muss dort die Breccienzone selbst als ihr Vertreter angesehen werden. Wo hingegen Gneiss auf Hornblendeschiefer liegt, wie bei Sachsenburg, da lässt sich die Grenze ganz scharf ziehen.

Ich habe der Beschreibung, welche ich früher von diesen Umwandlungen gegeben habe, nichts weiter hinzuzufügen und will nur bemerken, dass in der 1879 veröffentlichten Arbeit leider, da mir aus einem Versehen keine Correcturbogen zugekommen waren, eine Anzahl sinnstörender Druckfehler stehen geblieben sind, die ich am Ende des 31. Bandes berichtigt habe (S. 822).

In theoretischer Beziehung kann die Deutung dieser Ueberschiebung keine ernstliche Schwierigkeit bereiten. Ausquetschung von Mittelflügeln sind ebenso ausgeschlossen, wie eruptives Hervordringen des Gneisses zwischen Silur und Culm. Bei der die Faltung begleitenden Hebung des Erzgebirges ist eben hier ein oberflächliches Gebirgsstück abgesprengt worden, weil es der fortgesetzten Zusammenpressung der tiefer gelegenen Massen nicht mehr folgen konnte.

Insofern ist aber diese Bildung von besonderem Interesse, weil hier die Ueberschiebung nicht am Rande des sich faltenden Gebirges, sondern mitten in demselben vor sich ging. Es ist nicht gefaltetes Gebirg über Tafelland, sondern über ebenfalls sich faltendes Gebiet geschoben worden. Wir haben da offenbar eine Bestätigung für unsere Auffassung der Ueberschiebungen in den Glarner Alpen, die combinirt mit den entgegengesetzten Schüben im Sentisgebirge auch eine keilförmig herausgepresste Gebirgsmasse einschliessen.

VII. Die niederrheinischen Ueberschiebungen in Westphalen, der Rheinprovinz, Belgien und Nordfrankreich.

Am Nordrande des rheinischen Schiefergebirges liegt ein breiter Zug von Steinkohlenschichten, die schon seit langen Jahren zu einem lebhaften Bergbau auf Kohle und Eisen geführt haben. Uebertag sieht man von diesem Gebirge allerdings fast nichts, weil es zumeist von jüngeren Ablagerungen bedeckt ist. Aber der Bergmann hat es durch seine Schächte und Strecken in einer Weise erschlossen, dass wir gegenwärtig ziemlich genau über seinen Bau unterrichtet sind. Schon in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts wurde man auf einige besondere Züge in der Tektonik dieser Kohlenbecken aufmerksam; aber die langsame Art, wie der Bergbau seine Aufschlüsse erlangt, brachten es mit sich, dass solche Züge nicht sogleich jenes Aufsehen erregten, welches sie verdienten und jetzt auch gefunden haben.

Im Ruhrbecken ist es eine häufig wiederkehrende Erscheinung, dass auf mehr oder minder flach liegenden Spalten die Flötze verschoben sind, aber nicht nach Art der Sprünge, bei denen das Hangende gesunken, sondern so, dass das Hangende über das Liegende heraufgeschoben ist. Diese Ueberschiebungen streichen hier mehr oder weniger genau mit den Schichten, und die Spalten fallen bald nach Nord, bald nach Süd, am häufigsten allerdings nach Süden. Ueber die ähnlichen Lagerungsverhältnisse der belgischen und nordfranzösischen Kohlenbecken ist man sich erst viel später klar geworden, was seinen Grund hauptsächlich darin hat, dass hier die Ueberschiebungen stellenweise zwar viel grossartiger, aber zugleich durch hinzutretende Störungen anderer Art viel schwerer deutbar geworden sind.

Alle diese Kohlenlager fallen noch in das niederrheinische oder variscische Gebirgssystem. Die carbonischen Schichten sind zu vielen Mulden und Sätteln zusammengefaltet, die sich unmittelbar an die devonischen Falten des rheinischen Schiefergebirges und der Ardennen anschliessen. Auch die Ueberschiebungen sind nicht allein auf die Kohlenlager beschränkt, sondern finden sich ebenso in den devonischen Ketten, nur dass da ihr Nachweis wegen mangelnder Aufschlüsse viel schwieriger ist und sie darum weniger bekannt geworden sind.

Sie setzen auch nach Osten weiter fort, machen sich besonders am Nordrande des Harzes (Rammelsberg) bemerkbar, und auch die Ueberschiebung bei Frankenberg-Hainichen darf hiezu gerechnet werden, obwohl sie etwas älter ist. Die Faltung des niederrheinischen Gebirgssystemes erfolgte eben nicht überall gleichzeitig und hielt überhaupt durch längere Zeit hin an.

Da ein grosser Theil der durch den Bergbau geschaffenen Aufschlüsse beschrieben und graphisch dargestellt ist, so glaube ich, trotzdem mir für dieses Gebiet die eigene Anschauung fehlt, doch erörtern zu können, in wie weit dieselben zu den theoretischen Schlussfolgerungen berechtigen, welche man bisher aus denselben gezogen hat, und des weiteren, ob sie mit demjenigen übereinstimmen, was uns über die Ueberschiebungen die anderen Länder gelehrt haben.

Da die tektonischen Verhältnisse im Ruhrbecken am einfachsten liegen, so will ich dort beginnen. Unter den neueren Arbeiten über dieses Gebiet sind für uns zwei von besonderer Bedeutung, die von G. Köhler, über die Störungen im Westphälischen Steinkohlengebirge und deren Entstehung (in Zeitschrift f. Bergwesen, Berlin 1880, S. 195), und die von W. Runge, das Ruhr-Steinkohlenbecken 1892, nebst Karte und Profilen 1888.

Köhler fasst die Ueberschiebungen der Ruhrgegend als Faltenverwerfungen im Sinne Heim's auf und ist durch das Studium des „Mechanismus der Gebirgsbildung“ zu dieser Auffassung gekommen. Er sagt (S. 200): „Am klarsten und anschaulichsten wird uns der Charakter und die Entstehungsweise der Wechsel in den aus dem oben genannten Heim'schen Werke entlehnten Fig. 4—7 (bei Heim Taf. 15, Fig. 14) vor Augen geführt. Dieselben sprechen so sehr für sich, dass man kein Bedenken zu tragen braucht, auch auf Grund der hier gemachten Beobachtungen der dadurch zum Ausdruck gebrachten Ansicht über die Entstehung der Wechsel unbedingt beizupflichten. . . . Man muss annehmen, dass der horizontale Druck von Süden nach Norden gerichtet war; damit stimmt es nun auch vollkommen überein, wenn die grösseren Wechsel meistens nach Süden einfallen. . . . Stellte sich aber ein grösserer Widerstand und somit eine Stauung ein, dann war schliesslich die Gegenwirkung gleich der Wirkung, und das Resultat wurden Doppelfalten, in welchen bei weiter fortgesetztem Druck der nach Norden einfallende Mittelschenkel gerade so verquetscht wurde, wie es vorhin beschrieben ist.“

Es kann nicht verkannt werden, dass Köhler's Auffassung in erster Linie durch die angeführten theoretischen Figuren, denen in-

dessen eine wirkliche Beweiskraft aus den früher erörterten Gründen nicht zukommt, bestimmt worden ist. Es könnte jedoch gleichwohl angenommen werden, dass er ausserdem zwingende Beobachtungen im Ruhrkohlenrevier selbst gemacht habe, und, wie immer dem sei, so ist es sicher, dass seine Auseinandersetzungen der Theorie der Faltenverwerfungen neuen Anhang zugeführt haben.

Runge hat 12 Jahre später dieses Gebiet monographisch bearbeitet und konnte sich dabei auf eine 18jährige dienstliche Bekanntschaft desselben stützen. Die Specialprofile, die er in grosser Anzahl dabei mittheilt, sind gewiss von grundlegender Bedeutung und wir werden zu prüfen haben, in wie weit ihnen gegenüber die Köhler'sche Auffassung aufrecht erhalten werden kann. Aber vorerst wollen wir diejenige von Runge selbst hören. Er sagt (S. 39): „Die streichenden Störungen, welche der Richtung der Mulden und Sattellinien — Südwest-Nordost — entsprechen oder derselben doch nahezu folgen, so dass sie von derselben nur wenig abweichen, dieselbe unter spitzen Winkeln durchschneiden, hängen mit der Faltung selbst, d. h. dem der letzteren vorhergegangenen Gebirgsdruck mittelbar insofern zusammen, als dieselben lediglich durch das Bestreben der Natur herbeigeführt sind, die durch die Faltung hervorgerufenen erheblichen Höhenunterschiede nachträglich wieder auszugleichen.“ Die Sattelerhebungen sollen alle das Bestreben haben, zu Sattelmulden einzusinken; wo diese Einsenkung die Elasticitätsgrenze der Gebirgsschichten übersteigt, finden Zerreissungen statt.

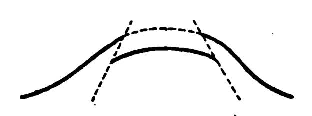


Fig. 56. Sattel mit eingebrochenem, von beiden Seiten her überschobenem First.

„Fällt die Zerreissungskluft nach derselben Richtung wie die Sattelflügel ein, so trat in der Regel eine Ueberschiebung der Gebirgsschichten ein (Wechsel). . . . Die Gebirgsschichten haben sich durch Herabsinken der Sattelkuppe in einander geschoben (Fig. 56). Da es sich in diesen Fällen nicht um eine Hebung handelt, so wäre die Bezeichnung Unterschiebung richtiger als Ueberschiebung.“ . . . „Trotzdem gestatten die im Ruhrkohlenbecken beobachteten Erscheinungen keineswegs, die Natur in eine bestimmte Theorie oder Regel oder Schablone derart einzuzwängen, dass nun etwa ausnahmslos bei gleicher Fallrichtung der Störung und der Gebirgsschichten stets nur Ueberschiebungen und nicht Sprünge vorkämen; oder dass alle streichenden Störungen ausnahmslos Ueberschiebungen wären. Es

kommen Fälle vor, in denen auch bei entgegengesetzter Fallrichtung eine Ueberschiebung eingetreten ist, und es finden sich unter den streichenden Störungen zahlreiche rechtsinnige Sprünge, bei welchen der hangende Gebirgstheil tiefer liegt, als der liegende."

Wir sehen also, dass die beiden genauen Kenner dieses Gebietes auf Grund derselben Thatsachen zu ganz verschiedenen theoretischen Anschauungen gekommen sind. Köhler sieht in den Ueberschie-

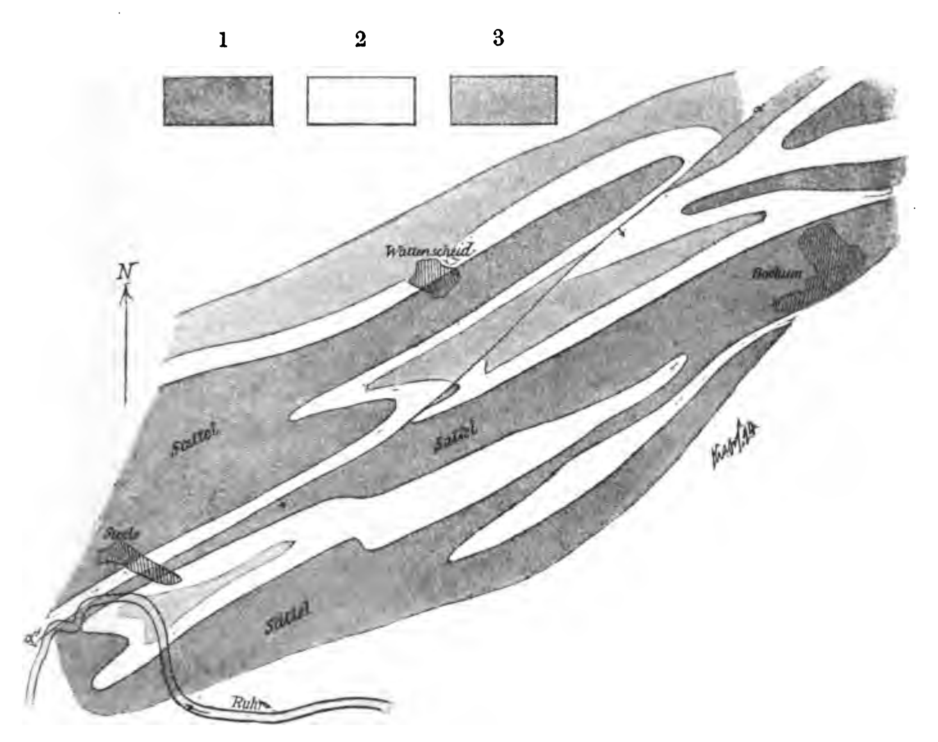


Fig. 57. Kartenskizze der Steeler Ueberschiebung (α) nach Runge. 1 : 100,000. 1 Magerkohlen-, 2 Esskohlen-, 3 Fettkohlen-Schichtgruppe.

bungen die höchste Potenz der Faltung, eine unmittelbare Wirkung des tangentialen Druckes; Runge lässt sie nur als mittelbare Folgen dieses gelten und erklärt sie aus unmittelbaren Wirkungen der Schwerkraft.

Wenn Köhler recht behalten soll, so müssen die Ueberschiebungen folgende Bedingungen stets erfüllen: nie dürfen sie im Streichen aus einer Falte in eine andere übertreten; wo sie im Streichen aufhören, muss sich ein vorher fehlender Flügel einstellen; die Kluft muss gleichsinnig mit den hangenden und liegenden Schichten,

aber steiler als dieselben einfallen; wo die Ueberschiebung nicht sehr weit ist, müssen noch Theile des in Auswalzung begriffenen Mittelschenkels erhalten sein.

Wenn umgekehrt RUNGE recht behalten soll, so müssen die überschobenen oder eigentlich eingesunkenen und untergeschobenen Theile stets den Sätteln folgen, während die übergeschobenen oder unterschobenen Theile den Muldenkernen entstammen müssen.

Wir besitzen eine vortreffliche Karte dieser Kohlenreviere, welche RUNGE 1888 im Maassstab von 1 : 50,000 veröffentlicht hat.

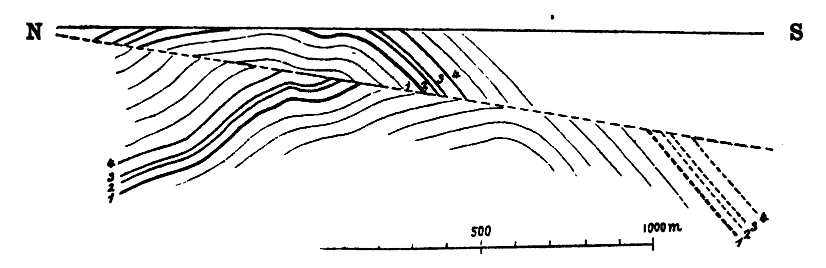


Fig. 58. Querprofil durch die Sutan-Ueberschiebung auf Zeche Heinrich bei Ueberruhr, nach RUNGE. 1 : 22,000. 1 Flötz Hundsnocken, 2 Bänksgen, 3 Steinknappen, 4 Bruchkamp. Die punktirten Flötztheile sind zur Zeit nicht aufgeschlossen.

Nimmt man ausserdem dessen monographische Bearbeitung des Ruhrsteinkohlenbeckens von 1892 hinzu, so lassen sich die fraglichen Punkte in ziemlich bestimmter Weise feststellen.

1) Obwohl im Allgemeinen die Ueberschiebungen annähernd mit den Falten streichen, so herrscht zwischen beiden doch keine vollkommene Parallelität, wie dies ganz besonders deutlich für den Sutan und die Steeler Ueberschiebung (bei RUNGE: Störung EF) erkannt werden kann (Fig. 57). Die umstehende Kartenskizze zeigt uns die Steeler Ueberschiebung auf eine Länge von 10 km, soweit sie sicher gestellt ist. Nur die Querverwerfungen sind weggelassen und ausgeglichen, da sie als jüngere Bildungen die Uebersichtlichkeit des Bildes stören würden. Man sieht sofort, dass die Ueberschiebung im SW im SO-Flügel eines Sattels liegt, weiter im NO durch diesen Sattel schief hindurch schneidet, in die jenseitige Mulde eintritt und bis in den SO-Flügel des nächsten Sattels gelangt. Die Schubfläche kann hier also unmöglich irgend einen bestimmten, aber ausgewalzten Faltenschenkel darstellen.

2) Der Sutan lehrt uns, dass die Schubfläche nicht immer gleichsinnig mit den hangenden und liegenden Faltentheilen geneigt

ere

9.

och

chn

in
Q



ist, sondern in einer Weise die Falten resp. die Sättel durchsetzen kann (Fig. 58), dass an Auswalzung durch übertriebene Faltung auch gar nicht mehr gedacht werden kann.

3) Obwohl häufig der NW-Flügel der Sättel steiler gestellt ist als der entgegengesetzte (Einlage VI), so ist dies doch durchaus nicht immer der Fall, niemals aber ist er überkippt und nirgends entsteht somit das Bild einer Faltenüberschiebung. Auch liegen die Ueberschiebungsflächen selbst abwechselnd in dem steiler oder flacher gestellten Flügel (Fig. 62—63), oder sie gehen wie beim Sultan aus dem einen in den anderen über.

4) Auch sind durchaus nicht alle Ueberschiebungen nach NW gerichtet, sondern manche haben gerade eine entgegengesetzte Neigung. Die Ueberschiebung, welche durch die Zeche Clarenberg bei Hörde angefahren worden ist, gehört hierher und durchschneidet eine sehr flach gelagerte Mulde. Aehnliches gilt für den Wechsel der Zeche Hannibal, nördlich von Bochum, der Zeche Montcenis bei Herne und der Zeche Ver. Carolinenglück bei Bochum.

5) Neben denjenigen Ueberschiebungen, deren Weite ein bis mehrere hundert Meter beträgt, gibt es noch sehr viel andere kleinere Wechsel, bei denen der Schub die betreffenden Flötztheile nur um wenige Meter verschoben hat. Aber gleichwohl ist in keinem Falle zu bemerken, dass dabei die Schichten längs der Schubfläche ausgerenkt und in die Länge gezogen worden wären. Entweder ist der Bruch, der die Flötze durchschneidet, ganz scharf (Fig. 62), oder es machen sich in seiner Nähe eine grosse Anzahl von Brüchen bemerkbar, die das Gebirge ganz zertrümmern (Fig. 65) und eine förmliche Zerrüttungszone darstellen. Gerade im Ruhrkohlenbecken sind sogar Schleppungen, die ja sonst Ueberschiebungen gern begleiten, selten oder wenigstens nur auf die nächste Nähe der Schubfläche beschränkt (Köhler, Taf. 16). Reibungsproducte sind, wie es scheint, ebenfalls nicht sehr stark entwickelt und erklären sich in einfachster Weise aus der stattgehabten Reibung beim Schub.

Wenn wir diese 5 Punkte überblicken, so wird es allerdings vollkommen klar, dass eigentlich nicht der geringste Anhaltspunkt vorliegt, warum die Wechsel hier aus übertriebener Faltung und Auswalzung entstanden sein sollten. Wir begreifen desshalb auch, warum Runge auf diese Erklärungsweise gar nicht näher eingegangen ist, obwohl es ja doch nahe und vielleicht auch im Interesse der Sache lag. Uebrigens lässt sich auch Runge's Erklärungsversuch den Thatsachen gegenüber nicht aufrecht erhalten. Wenn die Sättel durch

ihre eigene Schwere eingesunken und dadurch von den Mulden scheinbar überschoben worden sein sollen, dann dürften die Bruchspalten nicht wie bei der Steele-Ueberschiebung rücksichtslos durch Sättel und Mulden hindurchgehen, und es dürfte auch nicht der Sattelfirst von seiner Basis abgetrennt und auf den Muldentheil herübergeschoben sein wie beim Sutan. Solche Erscheinungen können aus der Wirksamkeit der Schwerkraft allein nicht erklärt werden.

Neben den Längsbrüchen, welche zu Ueberschiebungen geführt haben, gibt es nun freilich noch eine Menge anderer, welche als echte Sprünge aufgefasst werden müssen. Sie geben uns hier zu

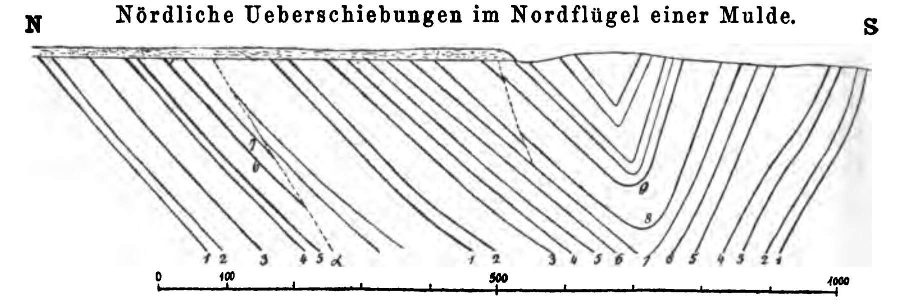
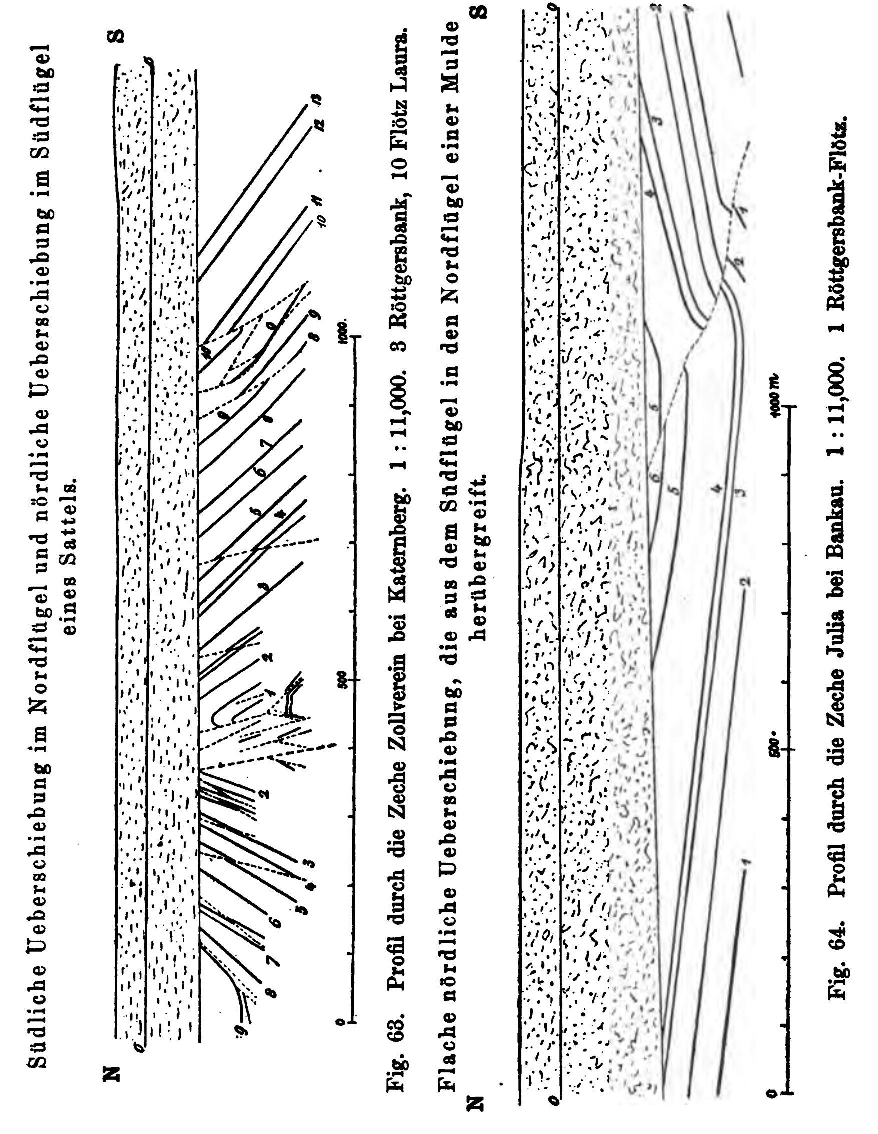


Fig. 62. Profil durch die Zeche Eintracht Tiefbau bei Steele. 1 : 11,000.
1 Flötz Sonnenschein, 9 Röttgersbank, α die Steeler Ueberschiebung.

weiteren Bemerkungen zwar keine Veranlassung, aber es soll doch auf ihre Häufigkeit hingewiesen sein, die übrigens aus Runge's Profilen deutlich hervorgeht.

Eine tektonisch sehr wichtige Rolle spielen dann die jüngeren Querbrüche, welche, soweit sie gut erschlossen worden sind, sich nach Runge alle als echte Sprünge herausgestellt haben, bei denen also das Hangende gesunken ist. Das gewöhnliche Streichen dieser Klüfte ist ein nordwestliches, die Neigung eine nordöstliche oder südwestliche und zwischen fast senkrechter und ganz flacher (bis 20°) schwankend. Nur eine Ausnahme ist Runge bekannt. Die Störung in der Wittener Hauptmulde, welche durch die Grubenbaue der Zechen Margarethe und Schnürbank und Charlottenburg bei Aplerbeck aufgeschlossen ist und die mit 68° nach O einfällt (S. 53), „ist insofern auffallend, als die in geringer östlicher Entfernung, d. h. also im Hangenden derselben auf der Zeche Hörder Kohlenwerk erzielten thatsächlichen Aufschlüsse auf dem Flötz Mausegatt eine nicht unerheblich höhere Lage derselben nachweisen als auf der Zeche Schnürbank und Charlottenburg im Liegenden dieser Störung. Es

würde also diese Störung die einzige bisher bekannt gewordene querschlägige Störung sein, welche einen widersinnigen Verwurf, eine Ueberschiebung oder eine Höherlage im Hangenden der Störung er-



Südliche Ueberschiebung im Nordflügel und nördliche Ueberschiebung im Südflügel eines Sattels.

Fig. 63. Profil durch die Zeche Zollverein bei Katernberg. 1 : 11,000. 3 Röttgersbank, 10 Flötz Laura.

Flache nördliche Ueberschiebung, die aus dem Südflügel in den Nordflügel einer Mulde herübergreift.

Fig. 64. Profil durch die Zeche Julia bei Bankau. 1 : 11,000. 1 Röttgersbank-Flötz.

kennen liesse, obwohl dieselbe auf den Zechen Schnürbank und Charlottenburg und Margarethe bisher nur als rechtsinniger Sprung bekannt geworden ist. Diese auffallende Erscheinung ist bisher noch

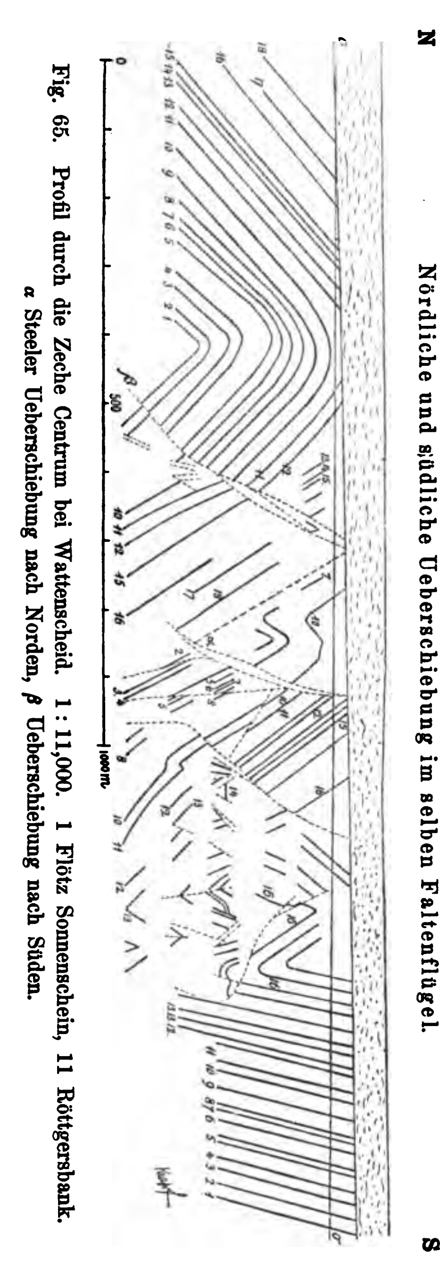


Fig. 65. Profil durch die Zeche Centrum bei Wattenscheid. 1 : 11,000. 1 Flötz Sonnenschein, 11 Röttgersbank. α Steeler Ueberschiebung nach Norden, β Ueberschiebung nach Süden.

nicht durch thatsächliche Aufschlüsse genügend aufgeklärt, und es müssen künftige Aufschlüsse in grösserer Tiefe abgewartet werden, welche vielleicht eine Aenderung der Faltungsrichtung nachweisen kann."

Ich habe diese Aeusserung Runge's wörtlich wiedergegeben, weil sich aus ihr ein auffälliger Gegensatz zu den älteren Anschauungen Köhler's[1] ergibt, obwohl derselbe von Runge selbst in keiner Weise angedeutet worden ist. Köhler hat nämlich 1882 gerade im Ruhrkohlengebiet neben den Wechseln oder Ueberschiebungen auf streichenden Flächen und den theils streichenden, theils querschlägigen Sprüngen noch eine dritte Art von Störungen unter dem Namen „Verschiebungen" unterschieden. Während die Wechsel oder Faltenverwerfungen das Endresultat intensiver Faltung selbst sein sollen, versteht Köhler unter seinen „Verschiebungen" Störungen, „bei denen ein Theil der bereits gefalteten Schichten von einem anderen Gebirgstheile abgerissen und fortgeschoben wurde. Dabei zeigen sich die Gebirgsschichten im Sinne der Fortbewegung umgebogen und allmählich bis zum Verschwinden ausgerenkt, ohne dass aber in der Nähe der Verschiebung eine Faltung wie bei den Faltenverwerfungen zu beobachten wäre. Es liegt in der Natur der Sache, dass

[1] G. Köhler, Die Störungen der Gänge, Flötze und Lager. 1886.

von den Verschiebungen verschiedene Arten auftreten können, je nachdem ein Gebirgsstrich über, unter oder neben einem anderen fortgeschoben ist. Die Hauptmerkmale, an denen man eine Verwer-

Nördliche Ueberschiebung im Nordflügel und südliche Ueberschiebung im Südflügel einer Mulde.

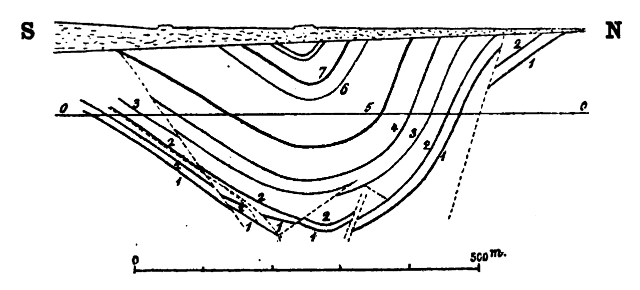


Fig. 66. Profil durch die Zeche ver. Schürbank und Charlottenburg bei Aplerbeck. 1 : 11,000. 1 Flötz Mausegatt.

fung als eine Verschiebung zu erkennen vermag, sind die Umbiegung und das allmähliche Auskeilen einer Lagerstätte ohne Faltung . . .

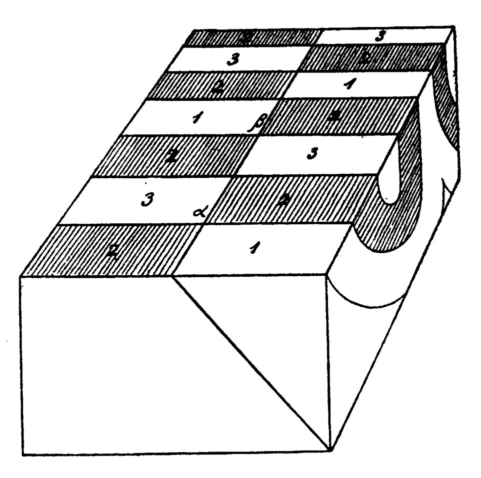


Fig. 67. Modell einer Querverschiebung, durch welche gefaltete Schichten auf geneigter Bruchfläche in horizontaler Richtung so verschoben sind, dass bei *α* ältere auf jüngeren, bei *β* jüngere auf älteren Schichten zu ruhen kommen.

und dass die Umbiegung stets mehr oder weniger im Sinne eines horizontal wirkenden Druckes erfolgt sein muss.“

Es ist einleuchtend, besonders wenn man die von Köhler als

Beispiele gegebenen Figuren zu Rathe zieht, dass hier unter Verschiebungen Störungen zusammengefasst sind, die sowohl auf senkrechten als auch auf geneigten bis horizontalen Bruchflächen vor sich gegangen sein können und dass diese Flächen sowohl rechtwinkelig als auch parallel mit der Streichrichtung der Schichten oder der Falten liegen können. Sie können also sowohl Quer- als auch Längsbrüche sein. Sofern es Längsbrüche sind, stellen sie sich entweder als echte Ueberschiebungen (Fig. 41 bei Köhler, 1886) oder als Sprünge dar und es ist kein rechter Grund einzusehen, warum man diese noch besonders ausscheiden sollte, da ja die etwas grössere Flachheit der Schubfläche oder die Schleppung der Schichten auf derselben keine durchgreifenden Unterscheidungsmerkmale sind. Wohl deshalb hat Suess (Antlitz der Erde, I, 159) den Begriff der Verschiebung auf die Blätter, welche mehr oder minder genau senkrecht auf das Streichen des Gebirges stehen, eingeschränkt, was mir sehr richtig erscheint und durch den Namen Querverschiebung noch genauer fixirt zu werden verdiente. Gegenüber denjenigen Querverwerfungen, die als Sprünge zu bezeichnen sind, hätte also für die Querverschiebungen als das Charakteristische das Vorwiegen der horizontalen Bewegung der Gebirgsschollen zu gelten. Solche Querverschiebungen, wenn sie auf geneigter Fläche vor sich gegangen sind und in einem Faltengebirg liegen, müssen selbstverständlich abwechselnd die Bilder von Ueberschiebungen und Sprüngen erwecken, weil auf der hangenden Seite bald ältere, bald jüngere Glieder wie auf der liegenden Seite sich befinden (Fig. 67). Hieraus muss auf eine horizontale Bewegung geschlossen werden, die im Falle vorhandener Rutschstreifen noch genauer festgestellt werden kann. Wenn freilich Köhler noch das Vorhandensein von Schleppung der Schichten in der Richtung der Bewegung als ein Merkmal angibt, das den Verschiebungen nie, den echten Sprüngen aber stets fehlen soll (bei den Sprüngen oder Spaltenverwerfungen wird [l. c. 13] „höchstens eine schwache Umbiegung“ zugegeben), so mag das ja vielleicht zufällig im Ruhrkohlenbezirk zutreffen, aber anderwärts kann das keine Geltung haben. Ich kenne eine Anzahl echter Querverschiebungen mit horizontalen Rutschstreifen, bei denen durchaus keine Schleppung stattfindet, weil das Gestein eben weniger biegsam war und eher zertrümmerte, während umgekehrt vortreffliche Schleppung auf Sprüngen doch schon gar oft gesehen und beschrieben worden ist.

Freilich ist bei vielen Querverwerfungen eine scharfe Trennung der reinen Sprünge von den horizontalen Verschiebungen nicht mög-

lich, weil die Bewegungsrichtung auf eine Combination beider schliessen lässt. Aber hierüber liegen im Allgemeinen noch viel zu wenig genaue Beobachtungen vor, um sich eine klare Vorstellung davon bilden zu können, in wie weit bei den Verschiebungen überhaupt Senkung mitgewirkt habe.

Noch muss ich übrigens darauf aufmerksam machen, dass die zwei Beispiele, die Köhler als Belege für seine „Verschiebungen“ aus dem Ruhrkohlengebiet genauer beschrieben hat, beide zu den „querschlägigen“ gehören. Dass er keinen „streichenden“ abbilden konnte, versteht sich von selbst, weil er sie bereits bei den Wechseln als solche beschrieben hatte. Es sind nämlich, soweit die Beschrei-

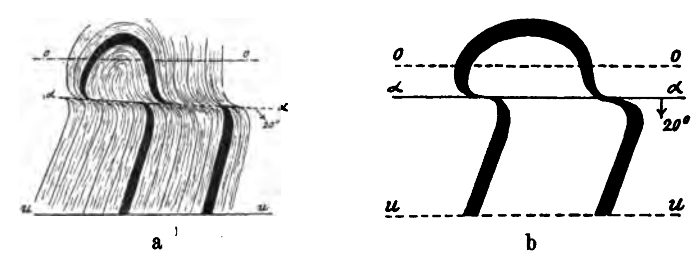


Fig. 68. Flötzverschiebung auf Zeche Westhausen bei Dortmund. Copie nach Köhler 1884 (a) und 1886 (b), auf gleichen Massstab reducirt.

bungen vorliegen, wie bereits erwähnt, alle streichenden Ueberschiebungen in diesem Gebiet keine Faltenverwerfungen, sondern streichende Ueberschiebungen oder „Verschiebungen“. Aber auch die Darstellungen der 2 querschlägigen Verschiebungen scheinen nicht ganz einwandfrei, weil die Copien, die Köhler selbst 2 Jahre später davon gegeben hat (1886, Fig. 42 u. 44), bedeutende Abweichungen von den Originalfiguren Taf. 17, Fig. 12 und 13 zeigen. In Fig. 12 ist ein stehender Sattel von einem mit 20° nach NO geneigten Querbruch durchsetzt (Fig. 68) und der Sattelfirst um 25 Meter nach NW vorgeschoben. Die auseinander gerissenen Schichten zeigen dementsprechend auf der Trennungsfläche eine kurze Umbiegung nach Art der Schleppung. Auf Fig. 44 ist diese Schleppung aber in offenbar ganz theoretischer Weise so dargestellt oder vielmehr in die Länge gezogen worden, dass die betreffenden Kohlenflötze noch durch ein 25 m langes, ausgezerrtes Flötzstück in wirklichem Zusammenhang stehen. Man könnte hier wirklich die Vorstellung bekommen, als ob eine normale Auswalzung stattgefunden hätte, wenn nicht die frühere Grubenzeichnung vorläge und aus ihr der That-

bestand, wie er wahrscheinlich in ganz objectiver Weise von einem Grubenbeamten aufgenommen worden war, vorläge. Eine noch merkwürdigere Veränderung hat aber Fig. 13 erfahren, bei der die Verschiebungsfläche mit dem Streichen der Flötze zuerst einen Winkel von 65° bildete, also deutlich querschlägig war, später aber in Fig. 42 nur noch einen Winkel von 20° aufweist. Auch Nord und Süd sind hier offenbar nicht genau angegeben, da die Flötze ja kein ostwestliches, sondern ein nordöstliches bis ostnordöstliches Streichen haben. Sodann ist auch das Profil dieser Grundrisse in 42a und 13a nicht richtig construirt (Fig. 69). Obwohl es nämlich weder rein quer-

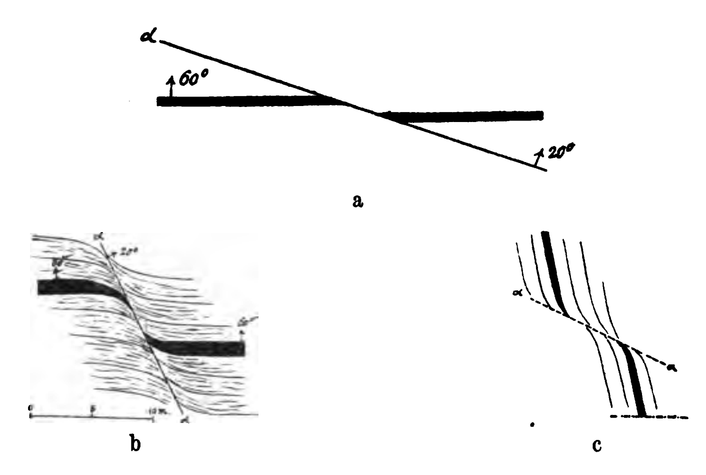


Fig. 69. Verschiebung des Flötzes 6 der Zeche Julius Philipp bei Bochum. Copien des Grundrisses nach Köhler 1886 (a) und 1884 (b), sowie des Profiles 1884 (c).

schlägig zu den Schichten noch zur Verwerfungsspalte gelegt ist, stellt es doch beide in ihrem wahren Fallwinkel dar, was ja ganz unmöglich ist. Bei der gewählten Richtung mussten beide viel flacher gezeichnet, in jedem Falle aber musste mindestens das eine beider Elemente verflacht werden.

Uebrigens ist die Bedeutung eines Querprofiles bei streichenden und querschlägigen Verschiebungen eine ganz verschiedene. Bei ersteren geben sie von der Art der Ueberschiebung ein richtiges Bild, weil sie in der Richtung der Bewegung liegen. Es wäre freilich, wenigstens theoretisch, auch hier das Zusammentreffen mit einer dazu rechtwinkeligen, horizontalen Bewegung denkbar, und es mag dies in einzelnen Fällen auch wirklich vorkommen, muss sogar

thatsächlich eintreffen, wo die Ueberschiebungsfläche mit der Streichrichtung der Falten nicht mehr genau zusammenfällt, was ja nicht so selten ist, wie wir gesehen haben. Allein soweit unsere Beobachtungen reichen, ist diese zur Streichrichtung der Bruchfläche parallele, horizontale Bewegung gegenüber der anderen viel zu gering, um den Charakter der Ueberschiebung wesentlich zu beeinträchtigen. Bei den querschlägigen Verschiebungen hingegen fällt das Querprofil gar nicht mehr in die Richtung der Bewegung, sondern bildet damit einen grösseren, bis zu 90° steigenden Winkel. Der Charakter der Verschiebung wird deshalb viel genauer und überhaupt am besten aus dem Grundriss erkannt, der ja ebenfalls horizontal liegt. So sieht man aus dem Grundriss Fig. 12 sofort, dass die Verschiebung auf Zeche Julius Philipp keine wirkliche Ueberschiebung ist, auf die man aus dem Profil zu schliessen geneigt sein könnte, denn es liegt im Hangenden der Kluft nicht das ältere auf dem jüngeren, sondern umgekehrt das jüngere auf dem älteren.

Wir haben also gesehen, dass im Ruhrkohlenbecken echte Faltenverwerfungen oder auch nur überstürzte liegende Falten gar nicht vorkommen, dass hingegen Längssprünge und Ueberschiebungen sowie Querverschiebungen und Sprünge unterschieden werden können, von denen die zwei letzten jünger als die ersteren sind.

Im Westen verschwinden die Steinkohlenlager des Ruhrgebietes für eine weite Strecke in den Niederungen des Rheinthales und tauchen erst bei Aachen wieder auf, wo sie besonders im Wormrevier einen wichtigen Bergbau hervorgerufen haben. Auch hier zeigt das Gebirg eine Reihe von Faltungen und Verwerfungen, von denen die longitudinalen in dem von Lepsius[1] mitgetheilten Querprofil zur Darstellung kommen (Fig. 72 der Einlage VII). Im Allgemeinen sind die Falten etwas stärker als im Ruhrrevier nach Norden vorgeschoben, obwohl es auch hier zu eigentlichen überstürzten Sätteln nur selten kommt. Die Ueberschiebungen sind alle nach Norden gerichtet und erreichen bei Aachen z. Th. die beträchtliche Schubweite von bis 1000 m. Auf ihnen entspringen die bekannten Thermen, die in dieser Beziehung eine grosse Aehnlichkeit mit denjenigen von Stachelberg im Linththal haben (siehe Seite 23).

Ganz ähnliche Verhältnisse zeigt der Querschnitt, welcher noch weiter im Westen durch das Kohlenbecken von Liège gelegt und

---

[1] Lepsius, R., Geologie von Deutschland, 1887, S. 136, siehe auch Dechen, geol. Uebersicht der Rheinprovinz, 1884, II, S. 237.

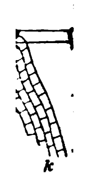
durch VAN SCHERPENZEEL-THIEN [1] 1874 veröffentlicht worden ist (Fig. 71).

Der Plan der Faltungen und Verwerfungsspalten ist ein ganz ähnlicher wie bei Aachen, nur dass ein grösserer Theil der nach S einfallenden Spalten nicht zu Ueberschiebungen, sondern zu Sprüngen Veranlassung gegeben hat. Den Aachener Thermalspalten dürfte die grosse südliche Ueberschiebung (faille eifélienne) entsprechen (α) die Faille d'Yvoz (γ) und de Seraing (δ) haben zu Senkungen des hangenden Gebirgstheiles von 400 und 1500 m geführt. Die anderen Failles sind alle Ueberschiebungen, doch fällt darunter die Faille de St. Gilles (ε) durch ihre flache Neigung nach NW auf. Sie hat ihre Analogien im Ruhrgebiet. Auch hier wurden die longitudinalen Spalten von jüngeren Querverschiebungen betroffen und erheblich verschoben. (s. Fig. 200 bei GOSSELET, Ardennes.)

Im Westen von Namur wird der tektonische Bau immer verwickelter und obwohl er durch die gemeinsame Arbeit französischer und belgischer Geologen in der Hauptsache klar gelegt ist, bleiben einzelne Erscheinungen doch noch räthselhaft und haben verschiedenartige Deutung gefunden. Die Ueberkippung ganzer Schichtenreihen, welche bisher nur selten und in einem leicht erklärlichen Zusammenhang vorkam, wird hier immer häufiger und verliert zuweilen so sehr die Verbindung mit den normal gelagerten Schichten, dass ihre Herkunft in einzelnen Fällen ganz verborgen bleibt. Um zu einem Verständnisse zu gelangen, ist es nöthig den Bau des ganzen Ardennengebirges zu kennen, von denen die belgischen Kohlenlager ja nur einen randlichen Theil darstellen. Die vortreffliche Darstellung, welche GOSSELET von diesem Gebirge 1888 gegeben hat, hat dann auch am meisten zur Aufklärung der anomalen Lagerungen im Kohlenrevier beigetragen. Aeltere Theile des Ardennengebirges sind auf geneigten Flächen über jüngere geschoben. Die Falten sind vielfach in dieser Weise schuppenartig über einander gelegt. Eine besonders starke Ueberschiebung ist die grande faille oder faille du midi, welche der F. eifélienne bei Liège und den Thermalüberschiebungen bei Aachen entspricht.

Keine dieser Ueberschiebungen besitzt die Merkmale von Faltenverwerfungen und meines Wissens sind sie niemals als solche von denjenigen belgischen und französischen Geologen, die sich eingehend damit beschäftigt haben, aufgefasst worden. Diese Ueberschiebungen sind

[1] Annales. soc. géol. Belgique t. 1. 1874.



km



Lütti

urch

k K

dui
(Fi

ähı
ein
Ve
grc
die
haı
ren
de
ihr
Spε
sch

wic
unc
ein
art
wel
har
seh
He
Veı
der
nuı
wel
auc
Ko
auf
fac
son
mic
sch

ver
jen
bes



auf Bruchflächen vor sich gegangen, die im Streichen häufig mit den Schichtfalten einen erheblichen Winkel bilden und die im Fallen bald Mulden bald Sättel durchschneiden, also keineswegs an die ‚Zwischenschenkel' gebunden sind. Auch sind sie nicht etwa auf den Nordrand der Ardennen beschränkt, sondern finden sich ebenso mitten im Gebirge oder selbst ganz auf dessen Südseite. (Fig. 73.) Sie sind wahrscheinlich viel häufiger als wir bis jetzt wissen, aber ihre Kenntniss ist selbstverständlich in den Gebieten am meisten und frühesten gefördert worden, wo Bergbau getrieben wird, also in den Kohlenrevieren.

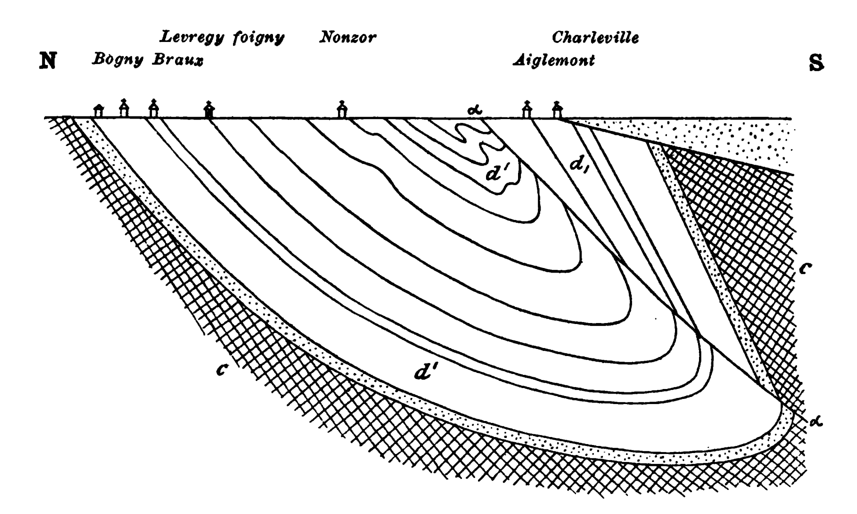


Fig. 73. Ueberschiebung von Aiglemont bei Charleville an der Maas (Dép. Ardennes) nach GOSSELET. 1 : 160,000. *c* Cambrium, *d'* Unteres Devon, *α* Ueberschiebung.

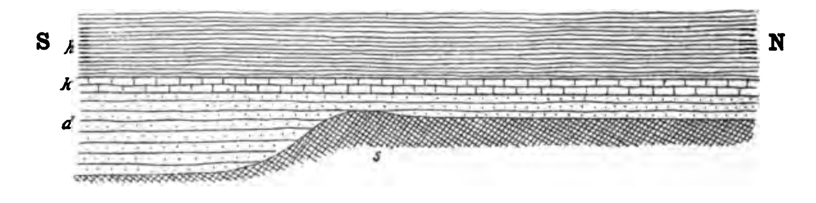
Da die Falten in den Ardennen häufig nach Norden überkippt sind, so trifft man die Südflügel der Mulden oder die Nordflügel der Sättel nicht selten überstürzt, so dass die jüngeren Schichten zu unterst, die älteren zu oberst liegen; zugleich stellen sich zum öfteren Verwerfungsspalten ein, welche die überstürzten von den normal gelagerten Faltentheilen trennen und auf denen diese Theile mehr oder weniger weit aus- oder übereinander geschoben worden sind. Wo der Schub nicht beträchtlich war, ist der ursprüngliche Zusammenhang noch leicht zu erkennen, wo er aber sehr gross und die Schubfläche sehr horizontal lag, da ist es jetzt nicht immer mehr möglich mit vollkommener Sicherheit die Herkunft der einzelnen verschobenen Schollen anzugeben, weil dieselben durch nachfolgende

Erosion oft gänzlich isolirt worden sind und bei späteren Gebirgsbewegungen wohl auch noch weitere, von der ursprünglichen Ueberschiebung abweichende Bewegungen erfahren haben.

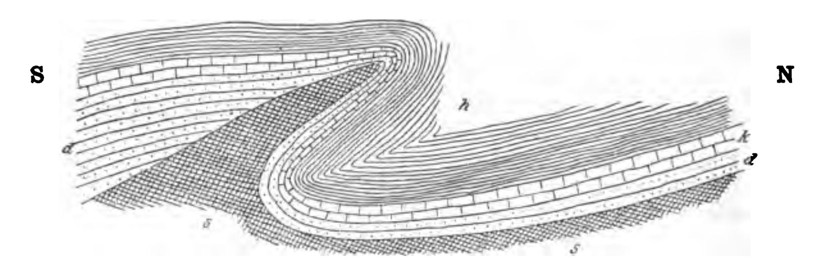
Seit 1844 kennt man das merkwürdige Vorkommen einer kleinen Scholle von Silur, Devon und Kohlenkalk in Mitten des Steinkohlenbeckens bei Boussu westlich von Mons. Die Steinkohlen führenden

Fig. 74. Aufeinanderfolge der tektonischen Vorgänge, welche seit der Carbonzeit stattgefunden und den Bau des belgisch-französischen Kohlenbeckens erzeugt haben. Nach Olry (Briart & Cornet).

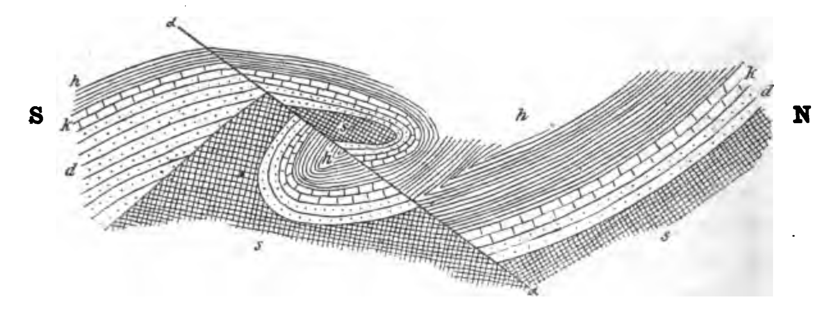
I. Phase: Lagerung der Schichten zu Ende der Carbonzeit. *s* Silur, *d* Devon, *k* Kohlenkalk, *h* Steinkohlenschichten.



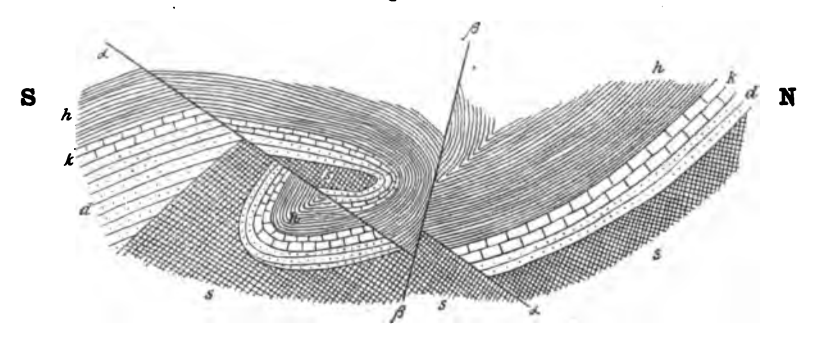
II. Phase: Faltung.



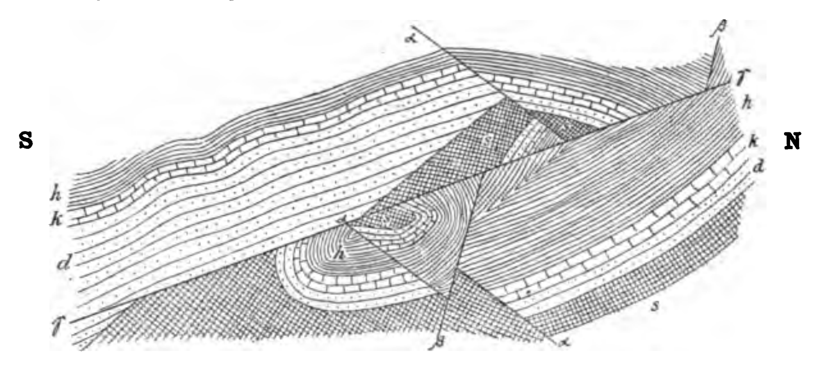
III. Phase: Entstehung der faille de Boussu (*a*) und Absinken der nördlichen Gebirgsscholle.



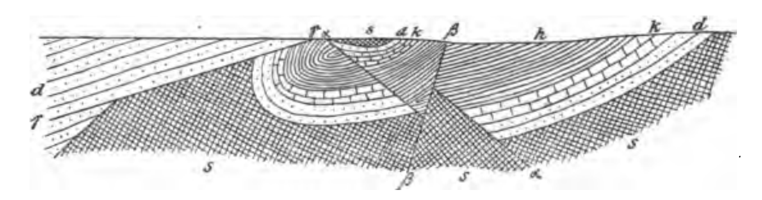
IV. **Phase:** Entstehung des Cran de retour (β) und Absinken der südlichen Gebirgsscholle.



V. **Phase:** Entstehung der grande faille du midi (γ) und Ueberschiebung des hangenden Gebirgstheiles über den liegenden in nördlicher Richtung.



VI. **Phase:** Heutiger Zustand nach Abtragung der oberen Gebirgstheile durch Erosion.



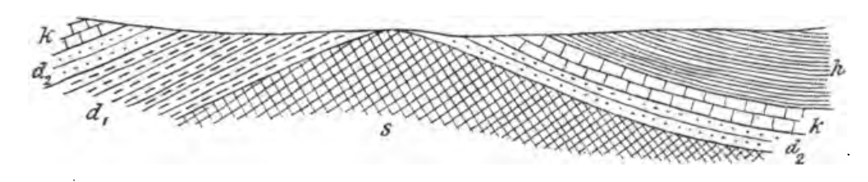
Schichten rings herum liegen normal, aber jene Scholle ist überstürzt, so dass das Silur in fast horizontaler Lagerung oben aufliegt. Was unter dem Kohlenkalk folgt, wusste man bis in die neueste Zeit nicht, ebenso wenig hatte man anfänglich eine Ahnung von den gewaltigen Ueberschiebungen, welche am Südrand des Kohlenbeckens Silur und Devon über das Steinkohlengebirge geschoben haben. Man stand deshalb lange Zeit diesem Vorkommen rathlos gegenüber.

Später als insbesondere durch die Arbeiten Gosselet's die Ueberschiebung auf der Faille du midi bekannt geworden war, machten Cornet und Briard einen Erklärungsversuch, welcher vielseitigen Anklang fand. Die beistehenden 6 Figuren versinnbildlichen den Vorgang, wie ihn sich die beiden belgischen Forscher dachten und wie ihn Olry in übersichtlicher Weise dargestellt hat. Zuerst trat die Faltung auf, dann erfolgten hintereinander zwei gewöhnliche Verwerfungen auf geneigten Längsspalten und Absinken der hangenden Gebirgstheile, zuletzt erst entstand die grosse Ueberschiebung. Hierdurch und mit Zuhülfenahme der stets fortschreitenden Erosion gelang es, die tektonischen Verhältnisse, wie sie 1876 bekannt waren, zu construiren. Freilich ging es dabei nicht ohne einige Unwahrscheinlichkeiten ab. Die Faltungen und Dislocationen mussten zu Ende der Carbonzeit ein Gebirg von 5—6000 Meter Höhe erzeugt haben, wenn alles der Annahme gemäss von Statten gegangen war, und diese die Alpen an Höhe noch übersteigende Gebirgsmasse musste dann der Erosion wieder vollständig zum Opfer fallen, so dass zur Kreidezeit bereits die ganze Gebirgspracht unter dem stillen Spiegel des Meeres begraben lag. Wohin aber die Erosion die ungeheuren Gesteinsmassen geschafft habe, weiss niemand anzugeben. Indessen konnte man sich mit der Erklärung doch insofern zufrieden geben, als sie wenigstens die Möglichkeit der Deutung der an sich so räthselhaften Lagerungsverhältnisse bewies. Alsbald entstand aber eine neue Schwierigkeit. Der fortschreitende Bergbau gewährte neue Einblicke in die Tiefen unter der umgekehrten Silurscholle, und es stellte sich dabei heraus, dass die Wirklichkeit den Cornet-Briart'schen Voraussetzungen nicht entspricht. Man hätte unter jener Scholle die kohlenführenden Schichten ebenfalls in verkehrter aber concordanter Lagerung erwarten sollen, statt dessen traf man sie in discordanter aber normaler Lage. Der Südflügel der nördlichen Mulde hätte ferner in grosser Tiefe an der Faille de Boussu enden sollen, statt dessen traf man ihn ganz hoch oben, wie es unsere Fig. 70 der Einlage VII darstellt, welche den von Cornet und Briart veröffentlichten Querschnitt mit denjenigen Veränderungen wiedergibt, die später durch Gosselet bekannt gegeben worden sind. β ist die Faille de Boussu, nach der Auffassung von Cornet und Briart ein echter Sprung, während ε eine nach Süden gerichtete Ueberschiebung veranlasst hat. Es kann ε also nicht die Fortsetzung von β darstellen. δ ist nicht sicher nachgewiesen. Uebrigens sei hier nebenbei bemerkt, dass Gosselet bei Zeichnung seiner Fig. 197 (L'Ardenne 1888, S. 745) offenbar

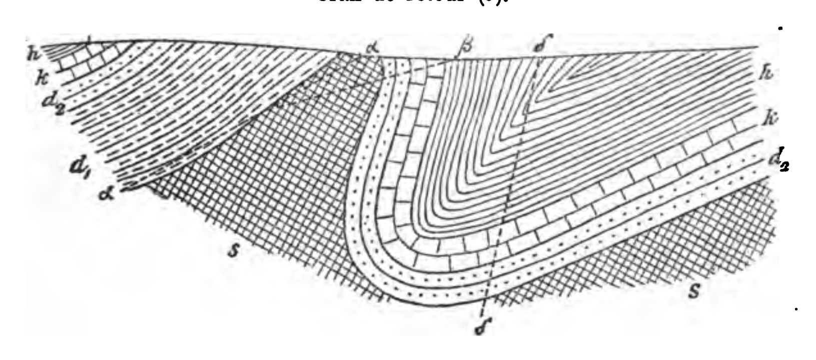
Fig. 75. Aufeinanderfolge der tektonischen Vorgänge im Sinne GOSSELET'S.

I. Phase wie bei Fig. 74.

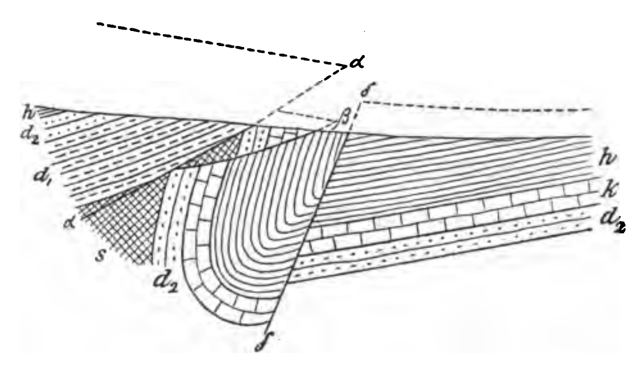
S II. Phase: Normale Sattelbildung. N



III. Phase: Ueberkippung des Sattels nach Norden und Zerreissung längs der Flächen der grande Faille du midi (α), der Faille limite (β) und des Cran de retour (δ).



IV. Phase: Auf α und β erfolgt Ueberschiebung, auf δ Senkung des Hangenden. Nach erfolgter Erosion führt dies zum heutigen Zustand.



insofern ein Versehen untergelaufen ist, als er den Massstab der Länge noch einmal so gross als den der Höhe genommen hat, in Folge dessen er für die Faille de Boussu eine viel zu geringe Neigung erhielt.

Gosselet hat die Entstehung dieser Lagerungsverhältnisse in anderer Weise gedeutet, welche, wie mir scheint, den nachgewiesenen Verhältnissen besser Rechnung trägt und in ihren Voraussetzungen

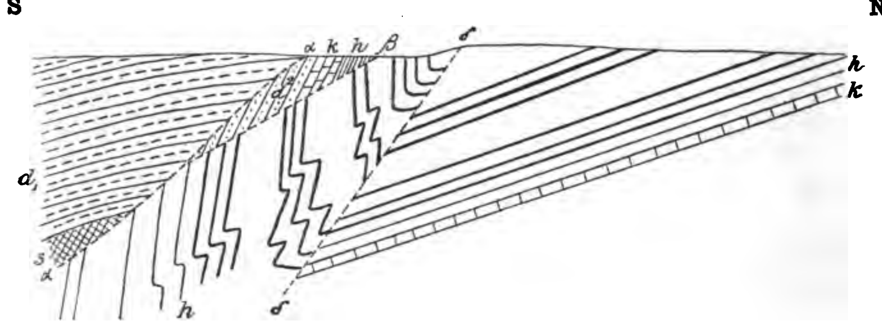


Fig. 76. Schematischer Querschnitt durch das Kohlenbecken von Valenciennes nach Gosselet. *s* Silur, d_1—$_2$ Devon, *k* Kohlenkalk, *h* Steinkohlenschichten. *α* grande faille du midi, *β* faille limite, *δ* cran de retour.

die erwähnten Unwahrscheinlichkeiten vermeidet, zu denen Cornet und Briart geführt worden waren. Die umstehenden Figuren 75 a—c,

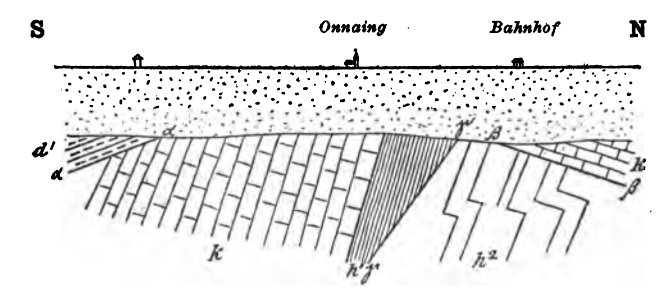


Fig. 77. Hypothetischer Querschnitt durch den Untergrund von Onnaing, 6 km nordöstlich von Valenciennes. Nach Gosselet. d_1 Unter-Devon, *k* Kohlenkalk, *h* Kohlenschichten. *α* grande faille du midi, *β* faille de Boussu, *γ* faille limite.

zeigen uns die verschiedenen Phasen[1]. Gosselet nimmt die Faltung als den ersten Vorgang an, dann folgte die Ueberschiebung

[1] Dieselben sind von mir entworfen und entsprechen in mehreren Beziehungen denjenigen, welche Gosselet gegeben hat (l. c. Fig. 189, S. 734), nicht. Letztere sind nicht immer glücklich gezeichnet und enthalten einige Unwahrscheinlichkeiten, z. B. einen Berg, dessen eines Gehänge bei einer Höhe von einigen hundert Metern überhängt. Ich habe in den drei umstehenden Figuren Gosselet's Auffassung wiedergegeben, wie er sie im Text ausgedrückt hat und füge als Fig. 76 seine Fig. 190 bei, welche schematisch die Structur des Beckens in Nordfrankreich darstellt und mit IV der Fig. 75 sehr gut übereinstimmt.

und zwar auf mehreren unter sich nach der Tiefe zu convergirenden Spalten, dann erst traten die Senkungen auf Längs- und Querbrüchen ein. Durch diese konnte aber stellenweise die ältere Ueberschiebungsfläche gehoben oder gesenkt werden und das letztere nimmt er gerade für die Faille de Boussu an, die er als eine ursprüng-

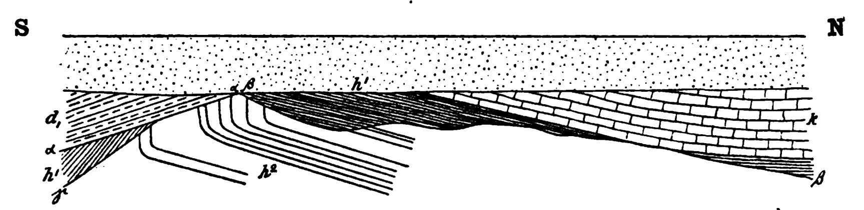


Fig. 78. Hypothetischer Querschnitt durch den Untergrund von Quiévrechain an der belgisch-französischen Grenze. Nach Gosselet.

lich nach Norden etwas ansteigende Fläche ansieht, die sich später einseitig senkte, so dass sie jetzt gegen Süden ansteigt. Nach Gosselet hat also auf der Faille de Boussu eine Ueberschiebung nach Cornet und Briart eine Senkung des hangenden Gebirgstheiles stattgefunden.

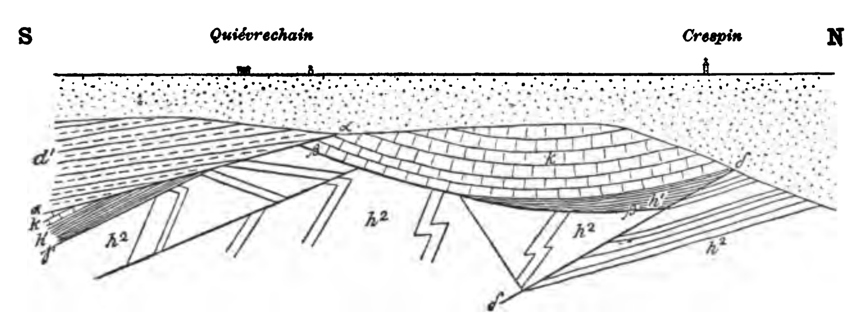


Fig. 79. Hypothetischer Querschnitt nach Gosselet. α grande faille, β f. de Boussu, γ f. limite, δ Cran de retour.

Um seine auf den ersten Blick allerdings nicht sehr wahrscheinliche Auffassung der Faille de Boussu als Ueberschiebungsfläche zu rechtfertigen, hat Gosselet eine Reihe anderer Querschnitte mitgetheilt, die beistehend wiedergegeben sind, und in denen wir ähnliche umgekehrte Schollen auf dem Kohlengebirg liegen sehen, wie bei Boussu, nur dass dieselben mit ihrem südlichen Ende noch an die grosse Ueberschiebung des Südens heranreichen und eine Strecke weit sogar unter dieselbe hereingehen. Hiernach wird es wahrscheinlich oder doch wenigstens möglich, dass auch die Scholle

von Boussu früher unter der grande faillé du midi lag und dass nur die Erosion das Dach weggenommen hat. Freilich darf nicht vergessen werden, dass diese zum Beweis herangezogenen Profile alle zum Theil theoretisch construirt sind, weil der Bergbau nicht überall genügende Aufschlüsse gegeben hat. Aber immerhin er-

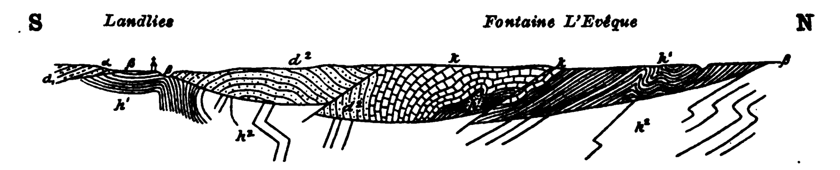


Fig. 80. Hypothetischer Querschnitt zwischen Monceau-Fontaine und Landlies westlich von Charleroi in Belgien. Nach BRIART-GOSSELET.

scheinen diese coupes hypothétiques, wie sie GOSSELET selber nennt, recht wahrscheinlich, und da ähnliche tektonische Erscheinungen wie hier auch in anderen Gegenden und besonders häufig im schottischen Hochland nachgewiesen worden sind, so darf man die

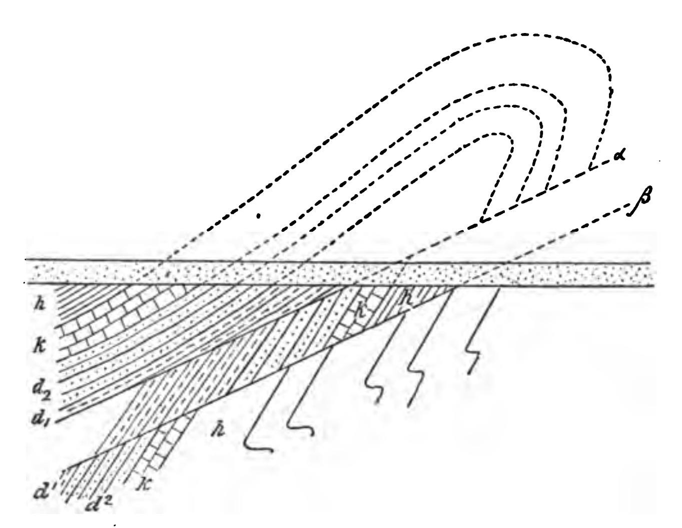


Fig. 81. Schematischer Querschnitt durch das Kohlenbecken von Valenciennes nach BRÉTON. α grande faille du midi. β faille limite.

Deutung jener Schollen als lambeaux de poussée als die beste unter den vorhandenen betrachten. BRÉTONS Auffassung ist eine ganz ähnliche. Er nimmt aber an (Fig. 81), dass die Faille du midi und die Faille limite parallel verlaufen, was jedoch schwerlich der Fall sein dürfte.

Vergleicht man das Querprofil des Beckens von Liège mit demjenigen von Mons, so ist die Aehnlichkeit des Baues nicht zu verkennen. Die Ueberschiebungen α und ε und die Sprünge γ und δ kehren in beiden unter ähnlichen Verhältnissen wieder. Bei Mons fehlt hingegen die Ueberschiebung ζ und bei Liège die von β.

Im Grundplan haben auch die nordfranzösischen Kohlenbecken, die sich an das von Mons im Westen unmittelbar anschliessen, denselben Bau. Hier indessen, wo Tagesaufschlüsse so gut wie ganz fehlen, wird es immer schwieriger, einen Ueberblick der Tektonik zu gewinnen, trotz der vortrefflichen Kohlenkarten Olry's[1]. Dahingegen geben letztere eine Menge von Details, welche für die richtige Auffassung der tektonischen Vorgänge von grosser Wichtigkeit sind. Im Allgemeinen lassen sich die zwei hier wiedergegebenen Querprofile (Fig. 82, 83 der Einlage VIII) mit denjenigen durch das Becken von Mons in der Weise vergleichen, dass man α mit der südlichen Grenze des Beckens von Valenciennes, δ mit dem cran de retour und β oder die faille de Boussu mit dem cran de Turenne in Parallele stellt. Für ε fehlt bei Valenciennes ein Aequivalent, dasselbe kann aber sehr wohl in der breiten, noch ganz unerschlossenen Zone zwischen der nördlichen und der südlichen Mulde liegen.

Von besonderem Interesse ist der nach den Angaben Olry's N 75° W streichende und unter 20—25° nach SSW geneigte cran de Turenne, weil hier nicht nur unter, sondern auch über dieser Ueberschiebungsfläche Steinkohlengebirg liegt, dessen Flötze abgebaut werden, so dass die Tektonik beider Massen ziemlich genau bekannt ist. Das beigedruckte Kärtchen (Fig. 85) gibt die Verbreitung des Flötzes Lebret durch horizontale Curven in jeweilig angegebenen Vertikalabständen an. Ich nehme dabei mit Olry an, dass veine 1 unter dem Cran dem Flötz Lebret über dem Cran entspricht. Man ersieht nun aus dem Kärtchen unmittelbar, dass die Streichrichtungen dieses Flötzes, soweit sie unter dem Cran liegen, zu denjenigen über dem Cran gar keine directe Beziehung haben, dass sie sich fast rechtwinkelig kreuzen und dass also der Faltenbau über und unter der Ueberschiebung ganz verschieden orientirt ist. Diese Thatsache ist durch den Bergbau in unwiderruflicher Weise festgestellt worden und wird durch die Darstellungsmethode, welche Olry seinen Flötzkarten zu Grunde gelegt hat, in ganz aus-

---

[1] Études des gites mineraux de la France publ. par le ministère des travaux publics. Paris 1886.

gezeichneter Weise zur Anschauung gebracht. Die Karten sind im Massstab von 1 : 10,000 angefertigt und geben die Lage sämmtlicher abgebauter Flötze durch Horizontalcurven an, die in die Niveaus der verschiedenen Strecken gelegt sind. Es sind also keine Aequidistanten-Curven, weil die Strecken in den verschiedenen Gruben nicht gleiche Höhenlage haben; aber es wurden für die verschiedenen Niveau-Curven solche Farben gewählt, dass annähernd doch das Bild entsteht, welches Curven in 100 Meter Vertikalabstand erzeugen. Es

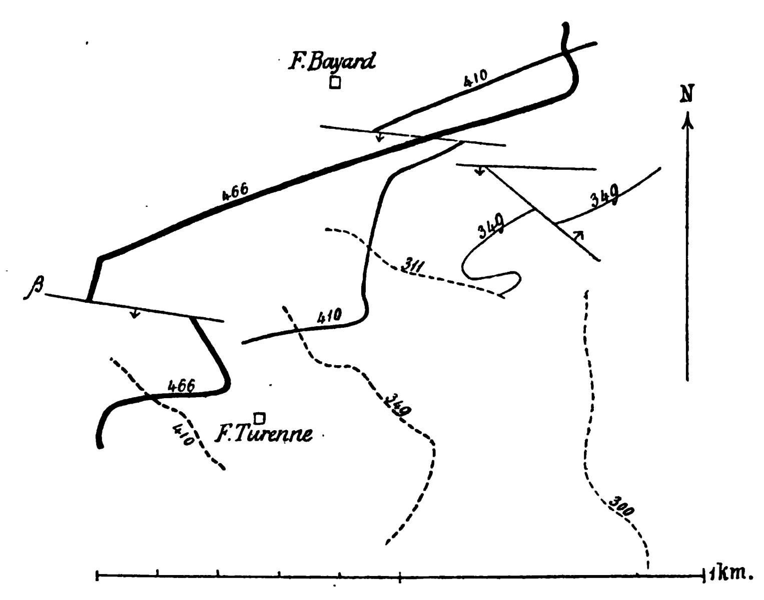


Fig. 85. Flötzkarte für Flötz Lebret nördlich von Denain bei Valenciennes nach Olry. 1 : 12,500. Die ausgezogenen Curven beziehen sich auf das Gebirg über der Ueberschiebung von Turenne, die punktirten auf das unter derselben. Die Zahlen geben in Metern die Tiefe unter der Oberfläche an.

sind also sämmtliche bekannte Flötze desselben Niveaus mit einer bestimmten Farbe wiedergegeben und jeder einzelnen Curve der Name des Flötzes beigedruckt. Die 5 unterschiedenen Niveaus sind hingegen durch verschiedene Farben ausgezeichnet. Noch anschaulicher freilich wäre das Bild geworden, wenn man die 1876 von Mietzsch[1] für die Darstellung des Zwickauer Kohlenbeckens vorgeschlagene Methode hätte anwenden können, nach welcher nicht die einzelnen Niveaus, sondern die dargestellten Flötze durch verschiedene Farben

[1] Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1876, S. 634.

unterschieden werden. Leider ist damals die Drucklegung dieser Karte an dem Widerspruche DECHEN's gescheitert, und für das Kohlenbecken von Valenciennes verbietet sich diese Methode so lange von selbst, als die einzelnen Grubenfelder ohne Zusammenhang untereinander sind, so dass die Indentificirung der Flötze in den verschiedenen Concessionen oft ganz unmöglich wird. Unter diesen Umständen verdient die von OLRY gewählte Methode jedenfalls den Vorzug vor allen anderen.

Verlängert man den cran de Turenne auf Fig. 82 der Einlage VIII gegen Süden, so muss er α oder die Faille du midi unter einem

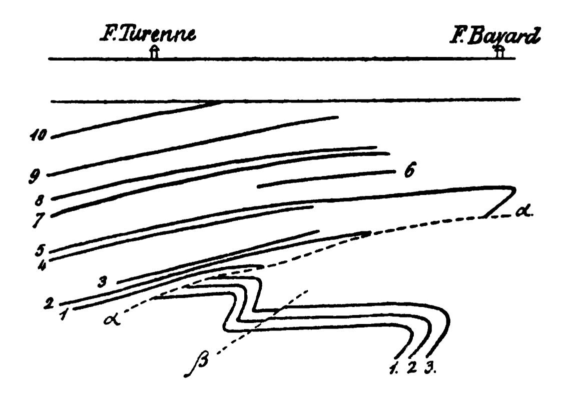


Fig. 86. Querschnitt durch die Faille de Turenne (α). 1 : 10,000. 1 bedeutet das Flötz Lebret. Nach OLRY.

spitzen Winkel schneiden und wir erhalten ein Bild, welches ganz demjenigen gleicht, das GOSSELET in schematischer Weise (Fig. 76) für den lambeau de poussée gegeben hat. Denkt man sich ferner, dass auf der Faille d'Abscou eine stärkere, aber einseitige Senkung eingetreten sei, dann müsste der Cran de Turenne, statt sich nach Süden zu neigen, eine mehr horizontale oder sogar nach Norden geneigte Lage angenommen und das Aussehen der Faille de Boussu erhalten haben.

Der westlichste Punkt, an welchem in Frankreich nochmals die Steinkohlenformation auftaucht, liegt in der Nähe von Boulogne. Ich gebe einen von GOSSELET mitgetheilten Querschnitt (Fig. 87) wieder, welcher zeigen soll, dass die Ueberschiebungen sich bis dorthin fortsetzen und zwar in ganz ähnlicher Weise wie bei Mons. BRÉTON giebt folgende Erklärung: auf den Sprüngen α und γ ist das Kohlengebirge in die Tiefe gesunken, so dass es jetzt im Niveau der Silures

liegt. Vorher war der Kohlenkalk in umgekehrter Lagerung über die normal gelagerten und nach SO geneigten Steinkohlenschichten auf einer nach N sanft ansteigenden Fläche (β) nach Analogie der Faille de limite geschoben worden. Dann erfolgte auf δ und γ ein einseitiger Einbruch des nördlichen Theiles, wodurch dort die kohlenführenden Schichten eine Neigung nach Norden erhielten, an der auch die Ueberschiebungsfläche theilnahm, so dass hierbei die Faille de limite das Ansehen der Faille de Boussu erlangte.

Rückblickend auf die Gesammtheit der niederrheinischen Ueberschiebungen, erkennen wir in ihnen ein tektonisches Glied von grosser Verbreitung, weitgehender und durchaus selbstständiger Bedeutung. Sie sind durchaus jünger als die grossen Faltungen des niederrheinischen Gebirgssystemes. Sie durchschneiden deren Falten und verschieben deren einzelne Theile. Ihre Streichrichtung fällt im Grossen und Ganzen zwar mit derjenigen der Falten zusammen, im Einzelnen machen sich aber so erhebliche Divergenzen bemerkbar, dass die Unabhängigkeit der Ueberschiebungen von dem Faltungsprocess unverkennbar wird. Es sind keine „Faltungsverwerfungen“. Die Falten sind stehend oder nach Norden überkippt, aber die Ueber-

Fig. 87. Querschnitt durch die Kohlenlager von Hardinghen und Locquinghen (Boulonnais) nach Gosselet. *s* devonischer Schiefer, *d* zu oberst Dolomit, zu unterst devonischer Schiefer, *k* Kohlenkalk, h_{1-2} Steinkohlenschichten, *i* Jura. *α* Saiger-Sprünge, *β* faille limite, *b* dolomitische Breccie zwischen den Verwerfungen *γ*. Sprung *α* in der Mitte der Figur ist *δ* des Textes.

schiebungen sind theils nach Nord theils nach Süd gewendet. Die Querverschiebungen und viele, wenn nicht alle Längssprünge sind jünger als die Ueberschiebungen und haben sowohl diese als auch die älteren Falten zerschnitten und die einzelnen Theile dislocirt. Hierdurch sind die Ueberschiebungsflächen vielfach aus ihrer ursprünglichen Streich- und Fallrichtung gebracht worden.

VIII. Die Ueberschiebungen in dem provenzalischen Küstengebirge und den französischen Alpen.

Eine Entdeckung von sehr grosser Tragweite veröffentlichte M. Betrand im Jahr 1884. Man war gewöhnt gewesen, den Bau der niedrigen Gebirgsketten, welche zwischen den westlichen Ausläufern der Seealpen und dem Meeresufer der Provence liegen, als einen verhältnismässig sehr einfachen anzusehen, an dem sich fast alle Formationen von dem Archaikum an bis zur Tertiär betheiligen. Da fand nun Betrand, dass dies ganz und gar nicht der Fall ist, dass die Falten stellenweise vollkommen überkippt und umgelegt sind, und dass zugleich Ueberschiebungen in ganz grossartigem Massstabe stattgefunden haben. Der ersten Mittheilung folgten alsbald weitere bis in die letzten Jahre und nicht nur in der Provence, sondern auch in den französischen und angrenzenden schweizerischen Alpen fand man dieselben Erscheinungen, die bisher der Beobachtung entgangen waren, wieder. An diesen Entdeckungen betheiligten sich neben Betrand noch besonders Collot, Haug, Kilian, Lugeon, Renevier, Schardt und Zurcher. Die letzten 10 Jahre haben in der tektonischen Geologie dieser Gebirgsstriche eine wahre Revolution hervorgerufen, die noch immer nicht ihr Ende gefunden hat. Der Speculation ist ein weites neues Feld eröffnet worden, und sie hat sich bereits desselben bemächtigt, trotzdem dessen Grenzen noch gar nicht abgesteckt sind. Ich kenne dieses Gebiet aus eigener Anschauung nicht und würde desshalb eine Besprechung desselben vermieden haben, wenn nicht gerade hier für die Ueberschiebungen fast stets der Namen pli-faille angewendet würde. Da man damit, wie es scheint, wenigstens zumeist, den Sinn verbindet, welchen Heim seinen Falten-Verwerfungen gegeben hat, so kann ich es nicht un-

erörtert lassen, inwiefern die sicher festgestellten Thatsachen dieser Auffassung, die sich nach unseren vorausgehenden Besprechungen in anderen Gebieten nicht bewährt hat, hier vielleicht das Wort zu reden im Stande sind.

Die genannten Autoren gingen bei ihren Untersuchungen anscheinend von der Ueberzeugung aus, dass das Vorhandensein wirklicher Verwerfungen, welche sich aus der Auswalzung ganzer Mittelflügel von Falten entwickelt haben, in den schweizerischen Alpen vollkommen sicher erwiesen ist, und stellten somit nicht sowohl die Frage, ob zwingende Beweise dafür in ihren betreffenden Gebieten

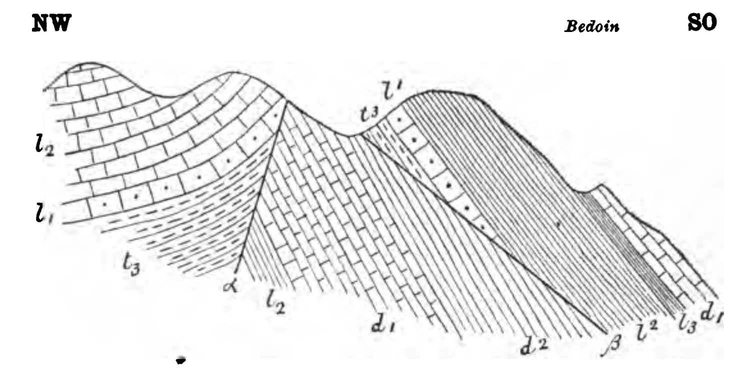


Fig. 88. Querschnitt durch zwei Längsverwerfungen bei Bedoin unweit Clamensanne nach E. Haug. 1 : 50,000. t_3 Keuper, l_1 Infralias, l_2 unterer und mittlerer, l_3 oberer Lias, d_1—$_2$ Dogger. α südliche, β nördliche Ueberschiebung.

erbracht werden können, dass diese flachen Verwerfungen und Ueberschiebungen aus ausgezogenen Falten hervorgegangen sind, als vielmehr ob es möglich sei und ob keine zwingenden Gründe dagegen sprechen, diese Erklärung auch hier gelten zu lassen.

Am deutlichsten spricht sich in dieser Hinsicht Haug aus. Er sagt (Les chaines subalpines entre Gap et Digne. Bull. Carte geol. France, III tome, 1891, S. 182): „Les plis-failles constituent certainement le trait dominant de notre région, mais dans bien de cas, l'érosion a enlevé une telle épaisseur de couches que l'on peut être tenté de considérer plus d'une de ces dislocations comme une faille ordinaire ou au moins comme une faille inverse. Je crois toutefois que la plupart de nos recouvrements peuvent être ramenés, au moins théoriquement, à des plis-failles, et le fait me paraît démontré pour le principal d'entre eux, pour celui d'Astoin-Barles,

et pour toute la poussée vers le nord de la ligne de contact anormal Astoin-Entraix-les Traverses-Mélan."

Besieht man sich aber die gerade für die angeführten plis-failles gegebenen Profile (Fig. 88), so kann man da in keiner Weise Anzeigen irgend welcher Auswalzung sehen (S. 178). Ebenso wenig

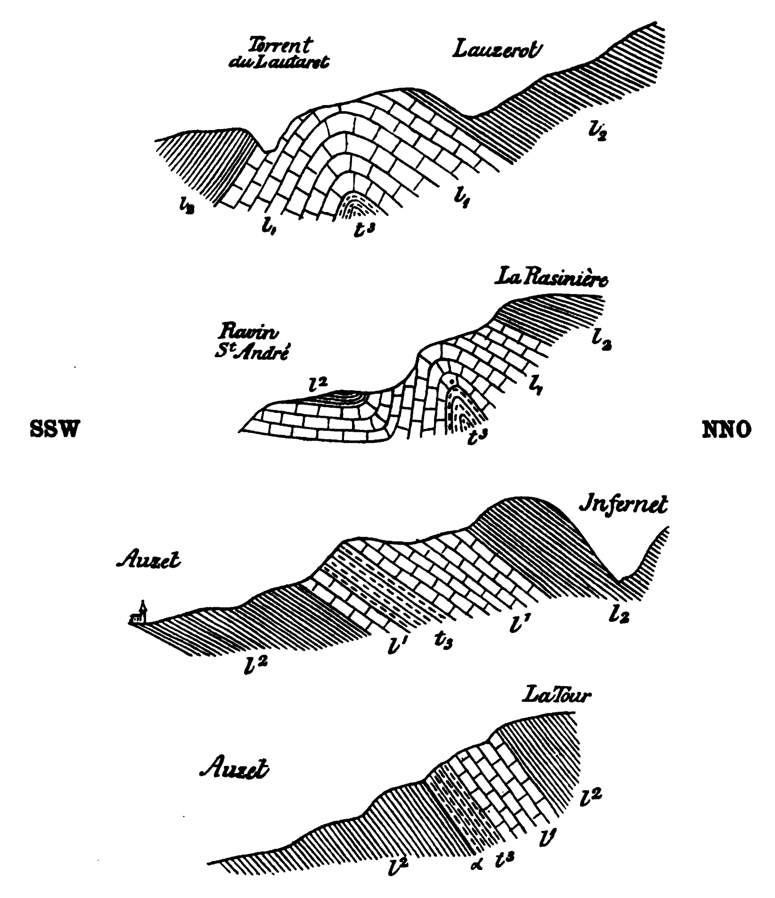


Fig. 89. Vier Querschnitte durch den Sattel von Auzet (Basses Alpes) in ihrer natürlichen Aufeinanderfolge von Nord nach Süd. Nach E. Haug. t_3 Keuper, l_1 Liaskalk, l_2 Liasschiefer. α Längsverwerfung.

halte ich den Beweis für erbracht, dass die Falte von Auzet im Streichen allmählich (S. 171) in eine Ueberschiebung übergehe (Fig. 89), denn zwischen der zweifellosen Verwerfung und dem überkippten Sattel liegt das Thal. Allerdings soll auch der überkippte Sattel seinen unteren, d. h. überkippten Flügel schon leicht aus-

gezogen haben, aber ich finde keine Angabe darüber, ob auf dieses Ausgezogensein nur aus der geringeren Mächtigkeit des unteren Lias oder aus wirklichen Symptomen mechanischer Auswalzung geschlossen worden ist. Dahingegen lassen sich alle von HAUG mitgetheilten Profile in der leichtesten Weise nach Art der schottischen Ueberschiebungen, auf deren Aehnlichkeit dieser Autor selbst aufmerksam gemacht hat, aus wirklichen Brüchen erklären.

Auch bei BETRAND kann ich keine sichere Beweisführung erkennen, vielmehr hat gerade dieser Autor mehrere Thatsachen besonders deutlich hervorgehoben, welche gegen die Auswalzungstheorie

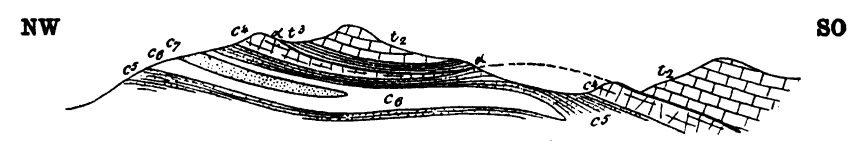


Fig. 90. Profil in der Umgebung von La Cadière zwischen Toulon und Marseille nach M. BERTRAND. t_2 Muschelkalk, t_3 Keuper, c_4 Hippuritenkalk, c_5 Senone-Mergel, c_6 Schichten mit Lima ovata, c_7 Brackische Kreide.

sprechen. So stellte er schon 1884 ausdrücklich fest, dass längs einer von ihm angenommenen „bande de couches etirées“ der Lias zwar überall reich an Versteinerungen ist, dass aber die Fossilien keine besonderen Deformationen erlitten haben, wie es bei begonnener Auswalzung doch zu erwarten wäre. Und erst neuerdings bei Anlass der Versammlung der franz. geol. Gesellschaft in der Provence (1890) hat er auf die Breccie aufmerksam gemacht (Fig. 90), welche sich unter der übergeschobenen Trias auf der Oberfläche des überschobenen Hippuritenkalkes auf grosse Entfernungen hin einstellt und bei der einzelne Theile und Körner der Trias in den brecciös gewordenen Kreidekalk eingepresst erscheinen. Nach der gegebenen Beschreibung (Bull. Bd. 19, S. 1085) möchte ich dies durchaus für eine Art von Reibungsbreccie und ein Analogon des Lochseitenkalkes ansprechen.

BETRAND sagt darüber (Bull. soc. geol. France, Bd. 19 [1890], S. 1083): „Le contact des Hippurites et du Muschelkalk présente là une particularité remarquable . . . c'est l'existence d'une brèche où des fragments anguleux de Muschelkalk sont comme noyés et soudés dans une pâte très compacte, semblable à celle du calcaire à Hippurites . . . . elle ne se rencontre à ma connaissance qu'au contact de la faille.“ An einer andern Stelle (1086) findet er diese Breccie, „où, dans le calcaire compact, sont encastrés des morceaux anguleux de

Muschelkalk, de cargueules, d'Infralias, d'Urgonien, des silex de l'Aptien, et jusqu'à des grains de quartz provenant évidemment du niveau turonien des sables de Sainte-Anne." Also alle die Glieder, welche in Folge der Ueberschiebung zwischen der Hippuriten-Kreide und dem Muschelkalk fehlen, haben hier einzelne wenige Reste zurückgelassen und so den Weg markirt, den sie gezwungen waren zurückzulegen. FABRE bemerkte hierauf, dass das compacte Cement der Breccie sicher eine grosse Schwierigkeit für diese Auffassung sei, da er ein solches niemals bei unzweifelhaften brèches de faille gesehen habe. Dem machte jedoch BETRAND den treffenden Vorhalt:

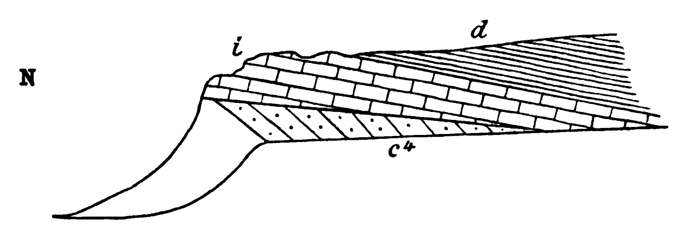


Fig. 91. Discordante Ueberlagerung der obersten Kreide (c_4) durch Malm (*i*) und Dogger (*d*) in verkehrter Aufeinanderfolge. Nach COLLOT und ZÜRCHER.

„Il n'est pas rare malheureusement de rencontrer ainsi en géologie des faits, dont, avec nos idées nées de l'observation actuelle de la surface, nous ne pouvons nous expliquer le mécanisme. Mais il lui semble impossible de ne pas tenir compte avant tout de la limitation absolue de la brèche au voisinage immédiat de la faille; dès que les calcaires à Hippurites se trouvent séparés de la faille par le Cénomanien ou par les sables turoniens, la brèche disparait."

Wie scharf die Grenze zwischen überschobenen und übergeschobenen Gebirgstheilen auch dann ist, wenn diese Breccie und zugleich eine Reihe von Formationsgliedern fehlen, mag man aus dem von COLLOT und ZÜRCHER mitgetheilten Profile ersehen (Fig. 91).

Noch will ich darauf hinweisen, dass gerade durch BERTRAND und ZÜRCHER besonders eingehend die Veränderungen studirt worden sind, welche nachträglich mit den Ueberschiebungen vor sich gegangen sind und ohne deren Berücksichtigung es gar nicht möglich ist, dieselben richtig zu erfassen und zu deuten. Zwar ist dies schon früher auch in den Ardennen und dann auch im schottischen Hochland geschehen, aber in der Provence ist der Boden dafür ein besonders günstiger, weil die Ueberschiebungen viel jünger sind. Es hat sich dabei ergeben, dass die liegenden Verwerfungen nachträglich

stellenweise selbst wieder gefaltet (Fig. 95) und ganz besonders häufig durch Sprünge verworfen worden sind (Fig. 93).

Die Untersuchungen auf diesem Gebiete sind noch nicht abgeschlossen, jedes Jahr bringt uns neue und oft recht überraschende Thatsachen und so wird man deren weiteren Verlauf zunächst abzuwarten haben. Was ich hier nur feststellen wollte, ist, dass ein zwingender Beweis für die Auswalzungstheorie auch hier noch nicht erbracht worden ist, dass sich alle gegebenen Profile auch ohne diese Theorie erklären lassen und dass es bei dieser Ungewissheit sich jedenfalls empfiehlt, den Namen pli-faille zu vermeiden und durch faille de recouvrement oder irgend ein anderes Wort zu ersetzen, das ohne theoretische Verbindlichkeit ist.

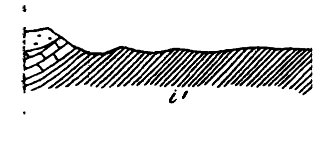
In der Hauptsache ist aber schon jetzt nicht mehr daran zu zweifeln, dass auch in diesen Theilen Frankreichs die Faltung und Ueberfaltung der Schichten zuerst den Anfang genommen haben, dass sodann die gefalteten Massen stellenweise auf flach geneigten Bruchflächen übereinander geschoben worden sind und dass schliesslich erst wenigstens die meisten Verschiebungen und Senkungen auf Spalten eingetreten sind, welche sowohl die Falten als auch die Ueberschiebungen betroffen haben.

IX. Die Ueberschiebungen in Nord-Amerika.

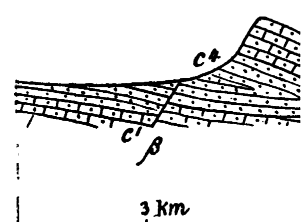
Die erste Kenntniss von zahlreichen und weithinstreichenden Ueberschiebungen in dem Faltengebirg der Appalachians verdanken wir den Gebrüdern Rogers, welche sie bereits 1849 beschrieben haben. Andere, aber ebenso bedeutende Ueberschiebungen sind erst in neuerer Zeit (1886) von Mc. Connel in dem canadischen Felsengebirge nachgewiesen worden.

Die speciellen Aufnahmen, welche die amerikanischen Geologen der Survey gegenwärtig machen, haben bereits wichtige Beiträge zur genaueren Kenntniss der Appalachischen Ueberschiebungen geliefert und voraussichtlich wird der 13 Report U. S. G. S. aus der Feder von B. Willis eine eingehende Darstellung dieser Verhältnisse geben, welche bisher noch immer fehlte. Ich selbst habe einige dieser Ueber-

Süd-Frankr



dem Col de St. Martin nach
ger, i_1—$_2$ Malm, c_1 Neocon



e nach M. BERTRAND. 1 : 4
Neocom und Urgon, c_4 Se

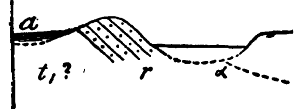


Fig. 95
P

schiebungen unter Führung des Herrn Keith bei Anlass des internationalen Congresses 1891 auf einer Tour längs des New River in Virginia und später bei Banff in den canadischen Rocky montains kennen gelernt. Dieselben sind leicht zu constatiren, haben aber gerade dort auf sehr steil nach SO fallenden Klüften stattgefunden. Anderwärts verflachen sie oftmals stark, aber bei gleichbleibender Fallrichtung, und nur an wenigen Orten ist ein entgegengesetztes Einfallen nachgewiesen. Nach Rogers sollen sie meist in dem überkippten Flügel der Falten liegen, doch trifft dies weder für die von mir selbst gesehenen, noch für die Ueberschiebung zu, welche Dana in seinem Lehrbuch der Geologie abgebildet hat.

Eine Ueberschiebung haben schon die Gebrüder Rogers auf eine Länge von 80 Meilen, also etwa 130 Kilom. im Streichen verfolgt. Nach Willis ist kein Fall bekannt, wo ein Faltenglied ausgezogen oder ausgewalzt worden wäre und so zur Ueberschiebung geführt habe, sondern alle sind aus einfachem Bruch der Falte entstanden und ist der eine Theil auf der Bruchfläche herauf über den anderen geschoben worden. Es ist die Parallelität der Ueberschiebungen mit den Falten allen Forschern aufgefallen, die sich damit beschäftigt haben. Doch werden mehrfach auch Fälle erwähnt, wo dieselbe keine vollkommene ist und Kreuzung unter spitzem Winkel vorkommt. Auch hierüber wird der Bericht Willis[1] wohl weiteren Aufschluss geben. Die Ueberkippung der Falten nach NW wollen dieser Geologe und W. Hayes aus der ungleichen Mächtigkeit der Silursedimente erklären, und sie folgen dabei einem Gedankengang, der in Amerika geläufig ist, dass nämlich die Faltung der Schichten überhaupt in einem ursächlichen Zusammenhang mit der Sedimentbildung stehe. Ich kann mich indessen nicht davon überzeugen, dass es gerade in diesem Falle einen solchen Zusammenhang nachzuweisen gelungen wäre, denn aus den mächtigeren Sedimenten im SO, wo die Küste des palaeozoischen Festlandes lag, könnte man wohl e i n e n stepfold und damit eine Faltenüberkippung ableiten, aber in Wirklichkeit gibt es ja deren eine sehr grosse Anzahl. Mir scheint es deshalb viel wahrscheinlicher, dass die höhere Lage des südöstlichen Festlandes gegenüber dem nordöstlichen Widerlager zu Ueberkippungen nach NW geführt habe; aber dass solche nach SO, wie sie von der von mir versuchten Erklärung der Ueberschiebungen verlangt werden, trotzdem nicht ganz fehlen, dafür möchte ich auf die „underthrust

---

[1] Conditions of Appalachian Faulting. Am. Journ. Sc. III 46, 1893, S. 257.

faults“ von Dr. Smith hinweisen. Ich will aber gestehen, dass ich zu wenig von den Appalachians gesehen habe, um diese Auffassung von hier aus, wo mir ausserdem das Kartenmaterial fehlt und die Literatur nicht vollständig zur Hand ist, mit Bestimmtheit vertreten und begründen zu können. Zur Veranschaulichung dieser Verhältnisse gebe ich beistehend eine Anzahl von Profilen nach Rogers, Saffort, Hayes und Hobbs (Fig. 96—97 und 101—103 der Einlage X). Man ersieht aus ihnen, dass Ueberschiebungen überall längs der atlantischen Küstengebirge vorkommen, dass dieselben aber im Süden viel grossartiger als im Norden entwickelt sind und der Schub dort eine viel grössere horizontale Weite erlangt.

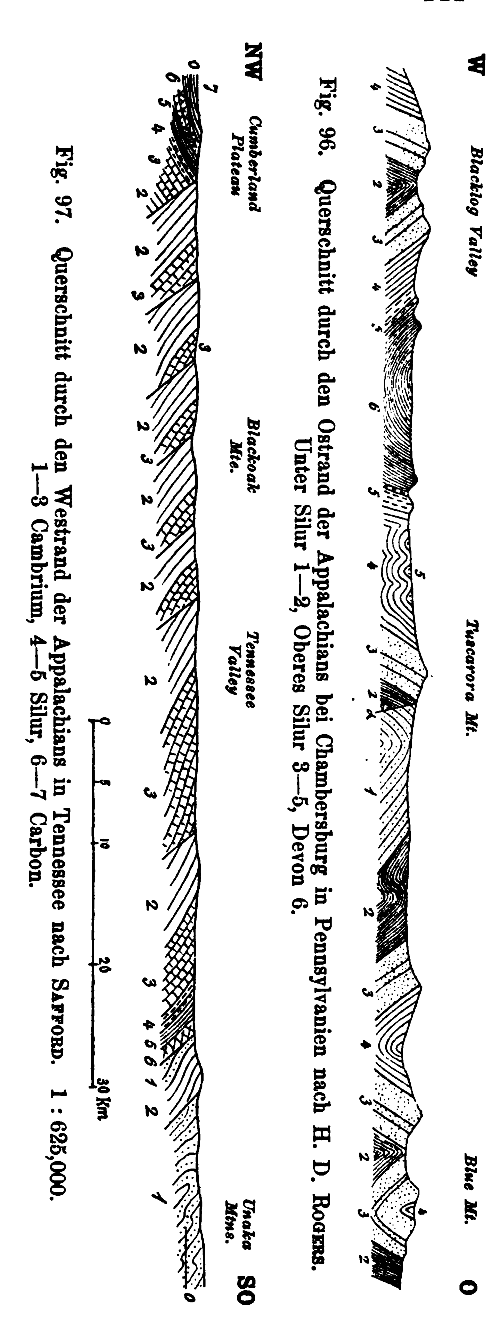


Fig. 96. Querschnitt durch den Ostrand der Appalachians bei Chambersburg in Pennsylvanien nach H. D. Rogers. Unter Silur 1—2, Oberes Silur 3—5, Devon 6.

Fig. 97. Querschnitt durch den Westrand der Appalachians in Tennessee nach Safford. 1 : 625,000. 1—3 Cambrium, 4—5 Silur, 6—7 Carbon.

Diese Ueberschiebungen in den Appalachians sind sehr alt und wahrscheinlich schon zu Ende des palaeozoischen Zeitabschnittes entstanden. Viel jünger sind diejenigen des Canadischen Felsengebirges, welche jedenfalls jünger als die Kreideperiode sind und in die Tertiärzeit fallen. Sie sind bisher nur zu beiden Seiten der Canadischen Pacificbahn auf der Ostseite des eigentlichen Felsengebirges nachgewiesen, sie werden voraussichtlich aber nach Norden und Süden sich noch

eine Strecke weit nachweisen lassen. Mehrere laufen mit einander parallel und geben dem Gebirge eine Schuppenstructur (Fig. 98 und 99 und 104 der Einlage X).

Es sind keine ausgezogene, sondern wirklich zerbrochene Falten; die Bruchflächen, alle nach W geneigt, haben zu Ueberschiebungen nach Osten geführt, so dass der Kohlenkalk und das Devon auf Kreideschichten zu liegen gekommen sind. Die Kohle, welche in der überschobenen Kreide vorkommt und zum Theil abgebaut wird, ist in Anthracit umgewandelt.

Ueberkippte Falten sind von hier nicht bekannt und auch in den Appalachians, wo sie allerdings häufig sind, hat man längs der

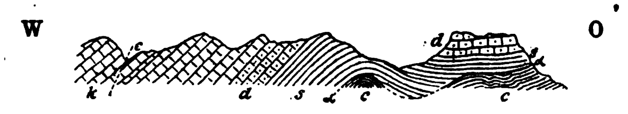


Fig. 98. Profil bei South Fork of Ghost River. Rand-Ueberschiebung nach Mc. Connell. 1 : 19,000.

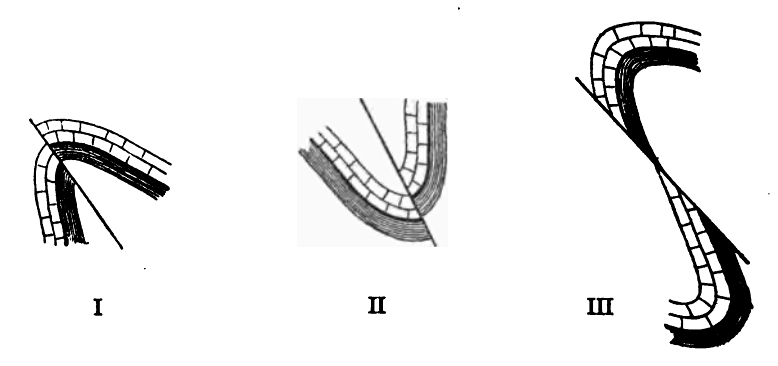


Fig. 99. Profil bei Cascade Trough, südlich von Banff. Nach Mc. Connell. 1 : 19,000.
s Cambrium, *d* Devon, *k* Carbon, *c* Kreide, *α* Ueberschiebung.

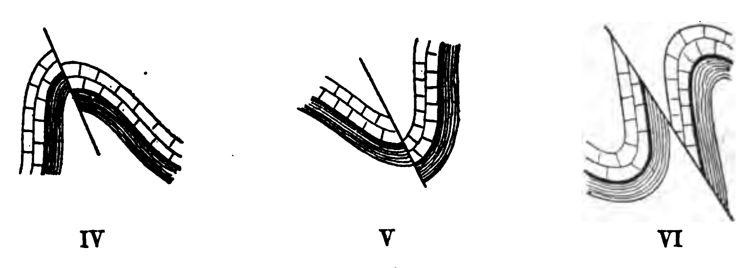
Ueberschiebungen noch nie Schichten in verkehrter Lagerung und mit reducirter Mächtigkeit angetroffen, so dass in Amerika die Theorie, wonach die Ueberschiebungen Faltenverwerfungen und aus der Auswalzung von überkippten Mittelschenkeln hervorgegangen sein sollen, keinerlei Unterstützung finden kann und von den amerikanischen Geologen auch niemals zur Erklärung dieser Verhältnisse in Anwendung gebracht worden ist. Hierfür vollkommen ausreichend ist die Annahme eines tangentialen Druckes, durch den zuerst die Faltung und Hebung des Gebirges, sodann in den gehobenen Massen Brüche und Ueberschiebungen auf diesen Brüchen hervorgebracht wurden. Die umstehenden Figuren sind vor 26 Jahren von H. D. Rogers gezeichnet worden, um die Entstehung der Ueberschiebungen in den Appalachians zu erklären. Er nimmt drei Vorgänge[1] an: 1) Schrägfaltung welliger Schichten; 2) Entstehung geneigter Ver-

[1] Geology of Pennsylvania. vol. II, part. I, S. 897.

werfungsspalten, die mit den Axenebenen der Falten zusammenfallen oder parallel liegen; 3) Aufschub der Massen im Hangenden der Spalte durch tangentiale Kraft. Von Auswalzung ist hier noch keine Rede und es wird ausdrücklich hervorgehoben, dass die Ueberschie-



Ueberschiebungen in überkippten Falten.



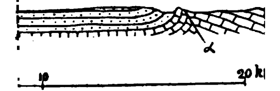
Sprünge in überkippten Falten.

Fig. 100. Darstellung der verschiedenen Contactverhältnisse, welche durch Längsverwerfungen auf zu den Axenebenen der Falten parallel liegenden Bruchflächen hervorgebracht werden können. Nach H. D. Rogers.

bungen nicht nur in den steilgestellten Faltenflügeln, sondern auch in den Mulden- und Sattelmitten vorkommen.

Auch die transversalen Verschiebungen hat Rogers schon gekannt und sehr treffend beschrieben.

iebungen



dlichen Appalachians in
m, 2 Silur, 3 Carbon.

W Hoosatonic River O

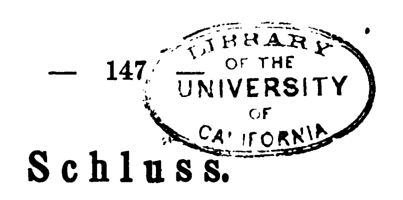
4 4 4 4 3 2 1

.000.

Cascade Trough

c k 0

fter Rocky Mountains
nbrium, *d* Devon,



Schluss.

Allen den Gebieten, welche wir bisher besprochen haben und in denen Ueberschiebungen von grösserer tektonischer Bedeutung vorkommen, ist es gemeinsam, dass der Boden gefaltet worden war, ehe die Ueberschiebungen eintraten, und dass nachher noch Risse entstanden sind, auf denen Sprünge und Querverschiebungen sowohl die Falten als auch die Ueberschiebungen zerstückelt haben. Aus reinen Tafelländern sind Ueberschiebungen noch nicht beschrieben worden.

Um diese Thatsachen sowohl in ihrer Allgemeinheit als auch in ihren vielgestaltigen Einzelheiten festzustellen, sind die Geologen seit zwei Drittel Jahrhundert an der Arbeit. Anfangs machte dieselbe jedoch nur langsam und mit Widerstreben Fortschritte, bis es ihr endlich gelang, die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf sich zu lenken, durch die sie seit einigen Lustren bedeutsame Förderung erfahren hat.

Erst kannte man Ueberschiebungen nur aus sehr wenigen Gebieten, jetzt hat sich deren Zahl rasch und stark vergrössert. Aber es ist schwer, den Zeitpunkt für jedes einzelne Gebiet genau festzustellen, an welchem seine Ueberschiebungen als solche entdeckt worden sind. Ungefähr lässt sich diese Aufeinanderfolge durch die nachstehende Aufzählung angeben:

1827 Lausitz;
1846 Glarner Alpen;
1848 Appalachians;
1858 Schweizer Jura;
1862 Französisch-belgischer Kohlendistrict;
1867 Val Sugana;
1879 Erzgebirg (Frankenberg);
1884 Schottisches Hochland und Provence;
1886 Karwendelgebirg und Canadische Rocky mountains;
1890 Alpen der franz. Schweiz, Savoyens und anderer Theile.

Diese Reihenfolge gibt uns indessen keine ganz richtige Vorstellung von dem Eintritt des Einflusses, welchen jedes einzelne Gebiet in Hinsicht der Ueberschiebungen auf die tektonische Geologie ausgeübt hat. So würde man z. B. für die Glarner Alpen in dieser Beziehung wohl richtiger das Jahr 1878 und für den französisch-belgischen Kohlendistrict 1876 angeben. Es wirken hier eben bekannte psychologische Eigenthümlichkeiten mit, welche es bedingen, dass neue, unerwartete, mit den herrschenden theoretischen Anschau-

ungen im Widerspruch stehende Thatsachen nach ihrem Bekanntwerden oft noch lange Zeit ignorirt oder als „anomale Erscheinungen“ in einen dunklen Winkel gestellt werden, bis es endlich irgend jemanden gelingt, sie in einen plausibeln Zusammenhang mit denjenigen Theorien und Gesetzen zu bringen, an deren Aufstellung Jahrhunderte gearbeitet haben, die uns schon in der Schule als massgebend gelehrt worden sind, und die aufzugeben oder erheblich zu modificiren wir nicht leicht gewillt sind.

Die Ueberschiebungen, bei denen das Aeltere auf dem Jüngeren liegt, gehören nun entschieden zu den ganz abnormen Lagerungsverhältnissen, von deren Vorhandensein man noch zu Anfang dieses Jahrhunderts keine Ahnung hatte. Als 1827 Weiss die Lausitzer Ueberschiebung beschrieben hatte, erweckte sie zunächst allgemein Zweifel und fand erst Glauben, als die bedeutendsten der damals lebenden Geologen sich von der Richtigkeit der Beobachtungen überzeugt hatten. Gleichwohl war niemand im Stande, eine befriedigende Erklärung zu geben. Denn obschon man darüber ziemlich einig wurde, dass der Granit lange nach seiner Erstarrung in seine jetzige Lage gebracht worden war, und dass dies die Folge einer Hebung desselben oder einer Senkung der Kreide gewesen sein müsse, so blieb damit doch die Ueberschiebung selbst noch immer unaufgeklärt, weil man damals noch nicht an die Wirkung eines tangentialen Druckes dachte. So lässt es sich begreifen, warum die Lausitzer Ueberschiebung nicht denjenigen befruchtenden Einfluss auf die tektonische Auffassung anderer Länder ausgeübt hat, den man eigentlich von ihr hätte erwarten können. Ausserdem kam noch ein anderer hinderlicher Umstand hinzu.

Carnall[1] veröffentlichte 1836 seine bedeutungsvolle Arbeit über „die Sprünge im Steinkohlengebirge“. Er stützte sich dabei hauptsächlich auf seine Erfahrungen im schlesischen Steinkohlengebirge und kam dabei zu dem Ergebniss, dass weitaus die Mehrzahl der Verwerfungen Sprünge seien, bei denen das Gebirge auf der einen Seite der Verwerfungskluft in Folge der eignen Schwere in die Tiefe gesunken sei. Bei geneigter Kluft mache sich das durch eine Senkung des hangenden Gebirgstheiles bemerkbar; Hebung desselben komme zwar auch, aber doch nur sehr selten vor. Er nannte solche Verwerfungen Uebersprünge, erklärte aber auch da viele durch Senkung, also nach Art der Unterschiebungen, für andere allerdings gab

[1] Karsten's Archiv f. Mineral. Bd. 9. S. 1—216.

er Hebung zu, die in Verbindung mit dem Hervortauchen ganzer Gebirgsgruppen aus der Tiefe gestanden habe; aber er meinte, dass dies nur seltene Fälle seien.

Diese Arbeit hat einen massgebenden Einfluss in der Geologie gewonnen, und es ist erst sehr viel später gelungen, das Vorurtheil, das besonders bei den Bergleuten sich fest eingenistet hatte, zu überwinden, dass nämlich die Uebersprünge nur eine seltene Ausnahmserscheinung wären. Der Erfolg, den Carnall hatte, scheint mir eine doppelte Ursache zu haben. Einmal hat er es verstanden, sein Beobachtungsmaterial in klarer und vorurtheilsfreier Weise darzustellen und von der Begründung seiner theoretischen Ansichten getrennt zu halten. Dadurch gewann die ganze Darstellung sehr an Klarheit und man erhielt den Eindruck einer bestechenden Objectivität. Auch heute, nach 60 Jahren, muss man sich eingestehen, dass aus den zu Grunde gelegten Thatsachen kaum andere Schlussfolgerungen gezogen werden durften. Freilich hat sich seitdem der Kreis von einschlägigen Thatsachen gewaltig erweitert und wir sehen, dass die Uebersprünge in ihrer Häufigkeit und Grossartigkeit damals kaum, die Querverschiebungen aber gar nicht bekannt waren.

Die zweite und hauptsächlichste Ursache von Carnall's Erfolg sehe ich aber darin, dass er die abnorme Erscheinung der Verwerfungen auf ein ganz einfaches und allgemein anerkanntes Gesetz, nämlich das der Schwere, zurückführte. Damit war denselben das Räthselhafte genommen und man nahm willig die Thatsache auch der Uebersprünge oder Ueberschiebungen an, da sie ja nach dem allerdings viel zu geringen Beobachtungsmaterial nur unbedeutend und selten sein sollten, und zu hoffen war, dass sie mit der Zeit ebenfalls alle aus der Wirkung der Schwerkraft erklärt werden könnten.

Dem entsprechend war die Haltung der meisten Geologen, als seit Ende der vierziger Jahren Ueberschiebungen in grösserem Massstabe aus den verschiedensten Ländern gemeldet wurden. In Nordamerika versuchte man sie durch eine neue Erklärung, bei welcher vertikale und horizontale Bewegung zu Hülfe genommen wurde, in Folge eines wellenförmigen Pulsirens der flüssigen Massen unter der Erdkruste, unserem Verständniss näher zu bringen, und in den Alpen wurden sie zwar erkannt, aber doch zu wenig eingehend beschrieben, um diejenige Aufmerksamkeit in weiteren Kreisen auf sich zu ziehen, die sie wegen ihrer Grossartigkeit wohl verdient hätten. Ein grösseres Aufsehen erregten dann die Ueberschiebungen, welche in den sechziger Jahren im schweizerischen Jura bekannt wurden, während die-

jenigen am Nordrande der Ardennen wenig aufgeklärt und ihre Kenntniss auf einige Fachgenossen beschränkt blieb. Dann folgte die Nachricht von der merkwürdigen Ueberschiebung in der Val Sugana und als endlich die Glarner Ueberschiebung 1878 eine gebührende Darstellung erfuhr, fingen auch weitere Kreise sich für diese seltsamen Erscheinungen lebhaft zu interessiren an. Aber auch dieses Mal war das Interesse weniger durch die Thatsachen selbst als durch die Deutung hervorgerufen worden, welche man denselben gegeben hatte. Die früheren Theorien hatten sich als ungenügend erwiesen und so knüpfte man eine neue Erklärung an die unleugbaren Beziehungen an, die zwischen den Ueberschiebungen und der Faltung der Gebirgsmassen existiren. Dass letztere weder durch einfache Senkung, noch durch plutonische Hebung entstanden sein könnten, war schon früher ziemlich allgemein erkannt worden, und man hatte gefunden, dass tangentialer Druck, der in Folge von Abkühlung und Contraction des Erdinnern in der äusseren Erdkruste entstehe, die Faltung besser erkläre. Da nun die Ueberschiebungen meist dasselbe Streichen wie die Falten haben, also die Schubrichtung mit der der tangentialen Kraft, welche die Faltung erzeugte, zusammengefallen sein muss, so lag es allerdings sehr nahe, die Ueberschiebungen aus einer Forcirung der Falten hervorgehen zu lassen. Damit waren auf einmal die Ueberschiebungen in einen bedeutsamen Gegensatz zu den Sprüngen gekommen, und da man sich daran gewöhnt hatte, letztere als die eigentlichen Verwerfungen anzusehen, so wollten manche die Ueberschiebungen, Wechsel oder Uebersprünge gar nicht mehr als Verwerfungen gelten lassen. Indessen lag dazu eigentlich kein rechter Grund vor, da ja auch die Ueberschiebungen als Bewegungen auf Bruchflächen aufgefasst wurden und der Unterschied nur darin gefunden werden konnte, dass der Bruch und die Bewegung der Massen das eine Mal durch rein vertikal, das andere Mal durch horizontal wirkende Kräfte erzeugt wurden.

Mit dieser neuen Auffassung der Ueberschiebungen war man ihrer Eigenart jedenfalls viel gerechter geworden als früher, aber indem man versuchte, den Vorgang sich in seinen einzelnen Stadien genauer vorzustellen, gerieth man unversehens in neue Schwierigkeiten. Wenn nämlich eine bestimmte Gesteinsschicht sich in Folge von Spannung überfaltet und die sich immer stärker umlegenden Falten endlich zerreissen, so dass Ueberschiebungen der abgerissenen Theile entstehen, dann muss die vorhandene Spannung in dieser Schicht dadurch sofort ausgelöst werden, und es ist nicht einzusehen, warum

die Ueberschiebung fortgehen und solche Weite erlangen sollte, wie sie thatsächlich in vielen Fällen beobachtet worden ist. Es hat, um diese Bedenken zu beseitigen, Heim die Hypothese aufgestellt, dass die eigentlichen Faltungen und Ueberschiebungen unter einer starken Gebirgsdecke vor sich gegangen seien und erst später durch eine stark abtragende Erosion diese Decke verschwunden sei. Unter derselben konnten die sich faltenden Schichten nicht nur ihre Continuität bewahren, sondern sie bedurften ihrer überhaupt gar nicht, weil der Druck in hydrostatischer Weise sich allseitig fortpflanze. Damit war die eine Schwierigkeit beseitigt, aber eine andere entstand daraus, dass unter solchen Umständen auch kein eigentlicher Bruch sich ausbilden konnte. Hier griff nun eine zweite Hypothese ein, wonach unter solchem Druck die Gesteine so plastisch sein sollen, dass sie sich auch ohne Bruch umformen können, und dass demzufolge die Kräfte, welche nahe der Oberfläche die Falten zerreissen würden, in solcher Tiefe sie nur ausdehnen, in die Länge ziehen und auswalzen könnten. Bei fortgesetzter Auswalzung würden dann die Schichten zwar immer die Form einer überkippten oder liegenden Falte behalten, aber in dem ausgewalzten Faltenflügel endlich so dünn werden, dass sie als solche nicht mehr zu erkennen seien und das Bild entstünde, wie es eine Ueberschiebung auf einem Bruche darbietet.

Dass diese Erklärung auf erhebliche Bedenken stösst, habe ich im ersten Abschnitte dieses Buches eingehend begründet. Ich glaube, dass sie gänzlich aufgegeben werden muss, aber immerhin hat sie bisher insofern gute Dienste geleistet, als die Kühnheit ihres Gedankenganges die Aufmerksamkeit in besonders lebhafter Weise auf das Problem gelenkt hat, das sie zu lösen bestimmt war. Das Studium der zum Theil überraschend grossartigen und vorher kaum beachteten Ueberschiebungen in Schottland, der Provence, den französischen und westschweizerischen Alpen und mancher anderer Gebiete ist wesentlich unter ihrem Einfluss vor sich gegangen, und wenn sich dabei auch für die Anwendbarkeit jener Erklärung selbst ein negatives Resultat ergab, so hat sie doch vielleicht durch ihre eigene Kühnheit das persönliche Wagniss geringer erscheinen lassen, welches früher immer mit der Feststellung von Lagerungsverhältnissen verbunden war, welche den gewohnten Regeln widersprachen und unbegreiflich erschienen.

Schon bei Schilderung der einzelnen Ueberschiebungsgebieten wurde auf die verschiedenen Hypothesen und Theorien näher eingegangen, zu denen dieselben Veranlassung gegeben haben. Hier

am Schlusse unserer Betrachtungen möchte ich diejenigen Thatsachen kurz hervorheben, welche allen Ueberschiebungen gemeinsam zu sein scheinen, und untersuchen, in wieweit wir im Stande sind, dieselben zu erklären.

1. Alle Ueberschiebungen haben sich als Begleiterscheinungen von Faltungen und Gebirgserhebungen erwiesen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sie in keinem grösseren Kettengebirge ganz fehlen; doch ist der Grad ihrer Entwickelung local ein sehr verschieden grosser. Jedenfalls darf man annehmen, dass sie von denselben Kräften erzeugt worden sind, denen die Faltung und die Gebirgserhebung ihren Ursprung verdanken. Diese Kräfte müssen aber, darüber herrscht ziemlich allgemeine Einigkeit, in der Hauptsache eine mehr oder weniger horizontale oder zur Erdoberfläche tangentiale Richtung gehabt haben. Welche weitere oder tiefere Ursache diesen Druckkräften zu Grunde liegt, ist sehr ungewiss, und die Ansichten gehen darüber soweit auseinander, dass ich es vorziehe, diesen Punkt ganz unerörtert zu lassen in der Meinung, dass es vielleicht auch so gelingt, die Ueberschiebungen zu erklären. Ich mache also weiter keine Voraussetzung als die, dass tangentialer Druck in der Erdkruste thätig ist, der local und innerhalb ziemlich scharf begrenzter Gebiete zu Compression und Faltung führt. Es bleibt dabei dahingestellt, ob dieser Druck überall ein gleichmässiger und ob er nur in grossen Tiefen oder auch nahe der Oberfläche thätig sei; dahingegen betrachte ich es als selbstverständlich, dass er nicht über das Niveau der das sich faltende Gebiet umgrenzenden Erdrinde heraufgeht. In grosser Tiefe und unter starker Belastung werden diese Kräfte nur einfache Compression, in geringer Tiefe und unter schwächerer Belastung Faltung erzeugen müssen, stets aber wird damit eine mehr oder minder bedeutende Hebung verknüpft sein und zum langsamen Aufsteigen eines Kettengebirges führen.

2. Die Ueberschiebungsflächen streichen stets annähernd mit den Falten parallel, ihre Neigung zum Gebirge ist sowohl gleich- als auch widersinnig, aber meist widersinnig, d. h. sie fallen meist von den Seiten her gegen das Gebirge ein. Diese Erscheinung kann man experimentel durch einfachen Druck auf ein Gesteinsprisma nachahmen, und die Abbildungen, welche Daubrée in seiner Géologie expérimentale auf Tafel 2 gegeben hat, zeigen (Fig. 105), dass die gepresste Masse sich sowohl über das Druckniveau hinaus aufwölbt, als auch nach Bruchflächen zerreisst, die alle gegen das Druckniveau geneigt sind und auf welchen echte Ueberschiebungen stattfinden.

Es begreift sich leicht, dass da durch die Gebirgshebung die obersten Gesteinsmassen über das Druckniveau heraufsteigen, in diesen Theilen ein weiterer Zusammenschub nicht mehr stattfinden kann, während derselbe in der Basis noch fortdauert. Dadurch entstehen in der Nähe des oberen Druckniveaus entgegengesetzte Bewegungen, die zu Zerreissungen führen können. Die oberen Massen bleiben stehen, die unteren schieben sich enger zusammen und damit kommt, wenn die Bruchflächen geneigt genug sind, das ursprünglich tiefere und ältere auf das erst höhere und jüngere zu liegen. Es

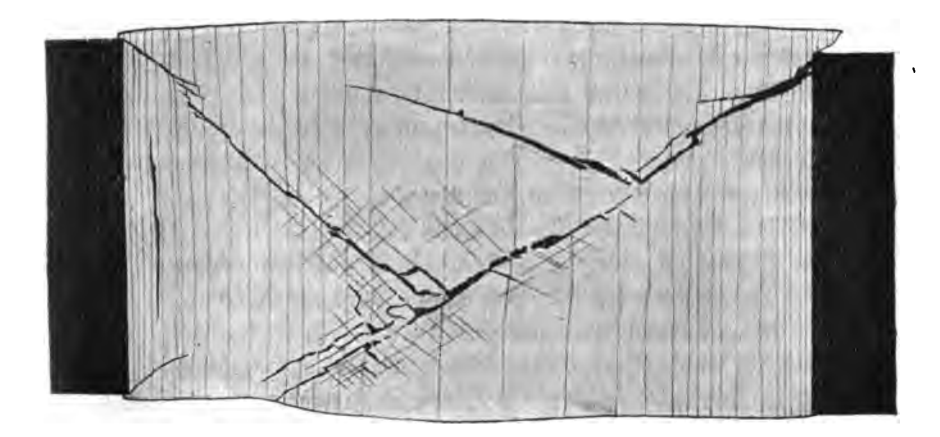


Fig. 105.

wäre darum auch eigentlich richtiger von Unterschiebungen zu reden, wie das auch wirklich von mehreren vorgeschlagen worden ist. Da zu dieser Bewegung aber wohl stets noch eine vertikale Hebung hinzutritt, also auch die hangenden Massen eine wirkliche Bewegung erleiden, so glaube ich, kann man bei dem alten Namen „Ueberschiebung“ einstweilen noch bleiben. Je länger der Druck anhält und je stärker die Zusammenpressung in der Tiefe ist, um so weiter muss natürlich die über das Druckniveau gehobene Gebirgsmasse sich seitlich über das nicht gefaltete Gebiet, also etwa über ungestörtes Tafelland ausbreiten. Die stärksten Ueberschiebungen liegen darum auf den beiden Langseiten der Kettengebirge und haben eine widersinnige Neigung ihrer Schubflächen. Das schliesst aber nicht aus, dass darunter auch vereinzelt gleichsinnige auftreten, und dass unter besonderen Verhältnissen letztere stellenweise auch einmal erstere an Bedeutung übertreffen. Die Gebirge sind eben nicht aus ganz

homogenen Massen zusammengesetzt wie die Prismen, welche man für das Experiment verwendet, und sie sind auch nicht immer von regelmässiger Gestalt zu Beginn der Druckwirkung gewesen. Dadurch aber sind die Erscheinungen, welche sich nach der Theorie in einer gewissen Regel- und Gleichmässigkeit abspielen sollten, oft sehr verwickelt und scheinbar sogar widerspruchsvoll geworden.

3. Die Ueberschiebungsflächen haben im Allgemeinen zwar dasselbe Streichen wie die Falten, aber im Einzelnen treten doch gar nicht selten geringe Divergenzen hervor, so dass beide sich spitzwinkelig schneiden. Diese Thatsache, die in allen den besprochenen Gebieten deutlich erkannt worden ist, erklärt sich daraus, dass Falten und Ueberschiebungen zwar derselben Kraft ihren Ursprung verdanken, dass die Falten aber früher entstanden sind, und dass bis zur Herausbildung der Ueberschiebungen erheblicher Zusammenschub und in den meisten Fällen auch Hebung den Druckwirkungen eine etwas andere Richtung geben konnten.

4. Die Neigung der Schubflächen ist fast stets eine andere als die der Schichten oder der Falten. Bald durchschneiden sie spitzwinkelig zur Axenebene nur eine Mulde oder einen Sattel, bald geschieht dies so stumpfwinkelig, dass sie aus dem Sattel noch direkt in die nächste Mulde übergehen. Sie beweisen damit, dass der Zug, welcher sie erzeugte, in seiner Richtung unabhängig von der faltenden Bewegung war. Wenn in einzelnen Fällen auch ein wirkliches Zusammenfallen der Schubfläche mit der Axenebene der Falten nachgewiesen werden kann, so muss dies der Häufigkeit von entgegengesetzten Fällen gegenüber doch eher als ein Zufall, denn als ein ursächliches Verhältniss angesehen werden.

5. In der Regel liegen die Schichten sowohl über als unter der Schubfläche normal, d. h. so, dass das jüngere auf dem älteren angetroffen wird. Wo die Schubfläche sehr flach und der Schichtenbau ein sehr einfacher ist, wird dadurch eine Wiederholung derselben Schichtenreihe über einander hervorgebracht nach Art eines doppelten Bodens. Wo hingegen die Schichten stark dislocirt und zu vielen Falten zusammengepresst sind, da entsteht kein so einfaches Bild, und wenn etwa die Falten flach umgelegt sind, dann kann sich über der Schubfläche die Schichtenreihe mehrfach, aber in wechselnder, bald normaler, bald umgekehrter Reihenfolge wiederholen, und es kann stellenweise auch gerade die umgekehrte Reihenfolge auf die Schubfläche zu liegen kommen. Dies ist natürlich stets da der Fall, wo von einer liegenden Mulde der überkippte Flügel über den an-

deren heraufgeschoben worden ist. Wo die Schubweite nicht sehr gross ist oder die Schubrichtung steil war, ist der tektonische Zusammenhang des Hangenden und Liegenden nach Mulden und Sättel in der Regel noch nicht vollkommen aufgehoben; wo aber die Schubweite nach Kilometern misst, die Breite der Falten also weit übertrifft, und insbesondere wo die Schubfläche beinahe horizontal wird, da ist dieser tektonische Zusammenhang oft kaum mehr zu erkennen und der Schichtenbau über und unter der Ueberschiebung oft ein ganz verschiedener. Dieses Merkmal kann umgekehrt dazu benutzt werden, um in solchen Fällen, wo die Weite der Ueberschiebung nicht direkt zu beobachten ist, aus dem Grad der tektonischen Verschiedenheit auf das Maass der Schubweite zu schliessen.

6. Längs der Ueberschiebungsfläche sind fast stets in den angrenzenden Gesteinsmassen mechanische und chemische Veränderungen von besonderer Intensität eingetreten. Sie sind nicht überall gleich stark entwickelt und machen sich bei weiten und flachen Ueberschiebungen häufig besonders bemerkbar. Doch hat sich bisher keine unmittelbare Beziehung in der Grösse ihres Ausmasses mit der Weite und Horizontalität des Schubes nachweisen lassen. Die gewöhnlichste Art solcher Veränderungen besteht in einer Zertrümmerung der Gesteine, welche zur Bildung einer groben Breccie oder eines feinen Sandes oder Mulmes führen kann. Dabei stellen sich chemische Auflösungen und Ausscheidungen ein, so dass das Trümmergestein oft chemisch und mineralogisch erheblich von demjenigen verschieden ist, aus dem es hervorging. Zugleich tritt damit oft die Herausbildung von glänzenden Ablösungsflächen und eine Schieferung in Verbindung, die zur Ueberschiebnngsfläche mehr oder minder genau parallel gerichtet ist. Diese Gebilde, welche auch auf anderen Verwerfungen oder Sprüngen eine wohl bekannte Erscheinung sind und die als Reibungsbreccien, Ruscheln, Bestege, Mylonit u. s. w. bezeichnet worden sind, erklären sich in vielen Fällen sehr leicht aus der Zerreibung der sich in entgegengesetzter Richtung an einander vorbei bewegenden Gebirgsmassen auf der Reibungsfläche; denn gewöhnlich besteht ein mehr oder minder grosser Theil ihrer Masse aus noch erkennbaren Bestandtheilen des Nebengesteines selbst. Auch ist manchmal diese Trümmerzone durch ganz allmählichen Uebergang mit dem normalen Nebengestein verbunden, während in vielen Fällen allerdings diese Grenze sehr scharf durch besondere Klüfte bezeichnet wird. Wieder in anderen Fällen hat die Grenzfläche eine sehr unregelmässige Gestalt, indem die Trümmerzone an

einzelnen Stellen sack- oder zungenförmig in das Nebengestein hineingepresst erscheint.

Eine andere Art von Begleiterscheinungen bei Ueberschiebungen sind die Schleppungen, durch welche die Schichten auf der Unterseite der Kluft in die Höhe, auf der Oberseite herab gezogen werden. Sie treten besonders häufig nahe dem Stirnrand der Ueberschiebungen ein und können bis zur Ueberstürzung der Schichten führen. Sie weisen mit ihren umgebogenen Enden auf das Gebirgsstück zurück, mit dem sie ursprünglich zusammenhingen, und werden damit dem Bergmann zum Wegweiser, wenn auf einer Kluft ein Flötz plötzlich verworfen ist. Sie sind auch bei Sprüngen und Querverschiebungen eine häufige und leicht verständliche Erscheinung. Es liegt deshalb auch kein ausreichender Grund vor, sie bei den Ueberschiebungen für die erhalten gebliebenen Enden eines im Uebrigen gänzlich ausgewalzten Mittelschenkels anzusehen, der ursprünglich die hangenden mit den liegenden Schichten verbunden hätte.

7. Die Ueberschiebungen sind in manchen Fällen auf einer einzigen Bruchfläche erfolgt, häufiger aber auf mehreren, die ganz oder nur annähernd parallele Richtung haben. Die Ueberschiebung ist in diesem Fall staffelförmig erfolgt und hat im Gebirge die von Suess so genannte Schuppenstructur erzeugt. Auch hierin besteht eine grosse Aehnlichkeit mit den Sprüngen, bei denen auch bald nur eine, bald eine ganze Schaar von Klüften vorhanden ist. Die Schaarung der Ueberschiebungsklüfte führt aber, wenn die einzelnen Klüfte nicht genau parallel sind, zu sehr wechselreichen Bildern. Im Streichen zerschlägt sich dann eine grosse Ueberschiebung in mehrere kleine, oder diese vereinigen sich zu einer grossen. Im Fallen schneiden sie einander ab, so dass zwischen den in die Tiefe gehenden Schubflächen einzelne kürzere liegen, die keilförmige Partien im Gebirg herausschneiden. Das ist, was die schottischen Geologen als minor thrusts bezeichnet haben. Ist ihr Unterschied von den major thrusts nicht sehr gross, dann werden auch sie als einfache Ueberschiebungen leicht erkannt. Im anderen Fall hingegen und wenn sie nur ganz vereinzelt zwischen den grossen Ueberschiebungen auftreten, bereiten sie der richtigen Deutung oft grosse Schwierigkeiten. Es liegen dann zwischen den Gebirgsmassen einer grossen Ueberschiebung einzelne kleine Gebirgsschollen eingeklemmt, wie das so schön am Hauenstein zu sehen ist, und man kann leicht versucht werden, in denselben wirkliche Reste eines ausgewalzten „Zwischenschenkels“ zu sehen. Werden diese Schollen freilich grösser und häufiger, dann schwindet

dieser Eindruck sofort, und es ergibt sich, dass es nur Partien sind, die nicht soweit wie das Hangendgebirge heraufgeschoben worden, sondern bei der grossen Ueberschiebung zurückgeblieben sind, oder, wie man sich auch ausdrücken könnte, die bei der Unterschiebung des liegenden Gebirges sich auf der Kluft abgelöst haben und so um einiges zurückgeblieben sind. In dieser Weise ist höchst wahrscheinlich auch der lambeau de poussée zu deuten, der in Belgien auf der faille de Boussu in so räthselhafter und überstürzter Lagerung angetroffen wird.

8. Wenn die hier gegebene Deutung der Ueberschiebungen richtig sein soll, so darf verlangt werden, dass sie sich ebenso wie die Falten selbst in jedem Kettengebirge entwickelt haben. In der That scheinen sie auch nirgends zu fehlen, überall, von wo genauere geologische Aufnahmen vorliegen, kennen wir sie. Ihr Vorhandensein ist schon seit länger als einem halben Jahrhundert bekannt, und das letzte Jahrzehnt war für unser Wissen in dieser Beziehung ungemein fruchtbar. Gleichwohl muss zugegeben werden, dass die Sicherheit des Satzes „in allen Kettengebirgen treten neben den Falten auch Ueberschiebungen auf“ insofern eine beschränkte ist, als noch viele Kettengebirge nach ihrer geologischen Structur fast völlig unerforscht sind. Aber dies ist eine Art von Beschränkung, die in den Naturwissenschaften überhaupt beinahe unvermeidlich ist und die darum auch allgemeinen Sentenzen so häufig verhängnissvoll wird. Indessen können wir uns hier nicht mit Thatsachen auseinandersetzen, die noch nicht bekannt und vielleicht auch gar nicht vorhanden sind, und wir müssen dies zukünftigen Forschern überlassen; dahingegen darf mit Recht verlangt werden, dass wir einen anderen Widerspruch, der wenigstens scheinbar vorliegt, nicht unberührt lassen.

Wenn nämlich auch zugegeben werden muss, dass keinem wohl bekannten Kettengebirge Ueberschiebungen fehlen, so lässt sich doch nicht verkennen, dass deren Verbreitung in den einzelnen Gebirgstheilen oftmals eine sehr ungleichmässige ist. So sind z. B. in den französischen und schweizerischen Kalkalpen Ueberschiebungen sehr häufig und grossartig entwickelt, in den sich anschliessenden nördlichen Ostalpen aber, wenigstens soweit unsere gegenwärtige Kenntniss reicht, ziemlich selten und jedenfalls viel geringfügiger. Zum Theil hängt dies ja nun unzweifelhaft damit zusammen, dass in den Ostalpen die Intensität der Faltung minder gross als in den Westalpen war. Aber gleichwohl sehen wir in den südlichen Ostalpen und selbst in den Centralalpen Ueberschiebungen viel häufiger als in

den Nordalpen auftreten, wenigstens in dem Theil, durch welchen ich meinen in diesem Jahre veröffentlichten geologischen Querschnitt gelegt habe. Wenn man diesen daraufhin betrachtet, so kann man im Norden nur eine und zudem nach Süden gerichtete, im Centrum und Süden aber eine ganze Reihe von nach Süden gerichteter Ueberschiebungen zählen.

Die Frage ist, ob diese Thatsache der von mir gegebenen Erklärung der Ueberschiebungen überhaupt widerspricht, oder ob sie

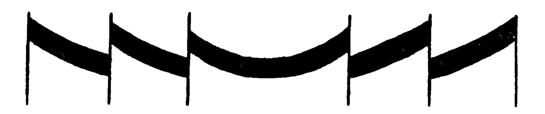


Fig. 106.

aus localen, besonderen Verhältnissen erklärt werden kann. Ich bin der Meinung, dass das letztere der Fall ist, und werde darin schon durch die Beobachtung bestärkt, dass auch in den Westalpen die Ueberschiebungen sehr verschiedenartig sich entwickelt haben, so dass bei einer rein schematischen Auffassung zwischen den grossen

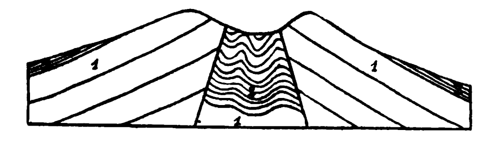


Fig. 107.

Südüberschiebungen in den Glarner Alpen und den nördlichen Ueberschiebungen weiter im Westen ein Widerspruch gefunden werden müsste, der aber mit Rücksicht auf Verschiedenheiten in den gefalteten Massen und ihrer Widerlager leicht zu beseitigen ist.

In den Ostalpen fällt vor allem auf, dass das nördliche Gebirgs-Widerlager 500 Meter höher als das südliche liegt, und dieser Umstand würde auch bei Experimenten im Laboratorium unzweifelhaft zu Ueberschiebungen des niedrigeren Widerlagers führen.

Sodann sehen wir, gewissermassen als Vertreter der fehlenden Ueberschiebungen, in den Nordalpen eine Menge annähernd saigerer Längsverwerfungen auftreten, die mit jenen die Streichrichtung gemeinsam haben und auf denen ebenfalls ältere Schichten in das Niveau jüngerer heraufbewegt worden sind. Entweder ist bei Mulden

der tiefere Kern in die Flügel heraufgehoben oder bei Sätteln sind die Firste wellartig von den gehobenen Sattelflanken eingeschlossen worden (Fig. 106 und 107). Man kann im Einzelnen diese Vorgänge zwar auch als einfache Sprünge auffassen, aber man wird doch eine Begründung dafür angeben müssen. Die Thatsache nun, dass wirkliche Ueberschiebungen im Streichen in saigere Längsverwerfungen übergehen, wobei dem übergeschobenen der vertical gehobene Theil entspricht, wie dies besonders deutlich in der Lausitzer Hauptverwerfung hervortritt, spricht dafür, dass wenigstens ein Theil der Längsverwerfungen auf saigeren Klüften als Hebung der einen Seite aufgefasst werden muss, und die Ursache dieser Hebung sehe ich in derselben Compression tieferer Gebirgstheile, welche ja auch die echten Ueberschiebungen hervorbringt, bei denen stets neben der horizontalen noch eine vertikale Componente erforderlich ist. Die horizontale Componente besteht aber nicht aus einer eigentlichen aktiven Bewegung, sondern aus einem Stehenbleiben, während sich der Untergrund in entgegengesetzter Bewegung befindet. Wenn nun die horizontale Componente gleich 0 wird, geht die Ueberschiebung in eine reine Hebung über. Dieser Fall ist denkbar, wenn die Compression der tieferen Massen einer nur von einer Seite kommenden Bewegung zugeschrieben werden muss, also in den Ostalpen einer einseitigen Bewegung von Süden her. Diese beiden Factoren, einseitiger Druck in der Tiefe und höheres Widerlager auf einer Seite, genügen also vielleicht, um das örtliche Fehlen von Ueberschiebungen in Kettengebirgen zu erklären.

9. Dieser Umstand, dass Ueberschiebungen auf geneigter Kluft in Hebungen auf vertikaler Kluft übergehen können, macht uns auf die Schwierigkeiten aufmerksam, welche entstehen, wenn man alle Verwerfungen in die drei Abtheilungen der Ueberschiebungen (Wechsel, Uebersprünge, Faltenverwerfungen), Sprünge (Spaltenverwerfungen) und Verschiebungen (Blätter) bringen will, wobei letztere durch rein tangentiale, die Sprünge nur durch die Schwerkraft, die Wechsel durch Combination tangentialer und vertikaler Kräfte hervorgebracht sein sollen. Bei geneigter Verwerfungskluft ist die Entscheidung wegen der Zugehörigkeit zu einer dieser drei Gruppen, besonders wenn auch noch Rutschstreifen die Bewegungsrichtung andeuten, leicht zu treffen. Aber bei vertikaler Kluft kann die tiefere Lage der einen Scholle durch Senkung derselben ebenso gut als durch Hebung der anderen Scholle erklärt werden. Wenn man in zweifelhaften Fällen sich meist für Senkung entscheidet, so beweist dies

natürlich für die Richtigkeit dieser Entscheidung gar nichts, sondern nur, dass diese Auffassung unserem Fassungsvermögen besser zusagt. Aber wo wir, wie das in den Alpen so häufig der Fall ist, den Muldenkern in das Niveau der Muldenflanken (Fig. 106) heraufgerückt sehen, da müssten wir, um diese Verwerfungen aus Senkungen zu erklären, eine solche Höhe vorausgegangener Faltenbildung annehmen, dass darüber die Erklärung selbst alle Wahrscheinlichkeit verlöre. Nehmen wir statt dessen Hebung der einen Seite an, so lässt sich das in der vorhin erwähnten Weise begreiflich machen, worauf ich auch schon früher im Geol. Querschnitt durch die Ostalpen S. 186 aufmerksam gemacht habe. Schon Carnall hat übrigens diese Schwierigkeit gefühlt und ganz allgemein Verwerfungen auf vertikalen Klüften, die er übrigens für sehr selten hielt. als Saigersprünge in eine besondere Abtheilung gebracht. Doch möchte er darin recht haben, dass die saigere Stellung der Kluft „bloss eine locale Abweichung von ihrer sonstigen Lage ist", sobald man mit „saiger" einen mathematisch genauen Begriff verknüpft. Bei geologischen Aufnahmen ist aber eine so genaue Bestimmung der Lage von Verwerfungsklüften in weitaus den meisten Fällen ausgeschlossen und darum würde eine Vertheilung der Saigersprünge auf die Sprünge und Uebersprünge häufig ganz willkürlich ausfallen müssen.

Auf eine weitere Schwierigkeit, welche der Aufgabe, aus der Neigung der Verwerfungskluft die Art der Bewegung zu bestimmen, entgegensteht, ist man erst seit ungefähr 20 Jahren aufmerksam geworden; sie besteht darin, dass spätere Dislocationen die ursprüngliche Lage der Klüfte verändert haben können. Hierfür hat mit Bezug auf die Lage der Ueberschiebungsklüfte besonders Gosselet und in neuester Zeit Bertrand und Zürcher wichtige Beiträge geliefert. Vielleicht können hierher die Einbrüche der Sattelfirste gestellt werden, wie ich sie in schematischer Weise in Fig. 107 dargestellt habe.

Allen diesen Schwierigkeiten gegenüber muss der Geologe, der einen bestimmten District aufnimmt, oft darauf verzichten, die einzelnen Verwerfungen in die drei genetischen Rubriken einzureihen. Vor schematischer oder tendenziöser Behandlung kann hier nicht genug gewarnt werden, da sie der normalen Entwickelung unserer theoretischen Anschauung geradezu verderblich werden kann. Bei rein beschreibenden Darstellungen halte ich es deshalb für das Richtigste, die Verwerfungen in erster Linie nach solchen Eigenschaften einzutheilen, welche sich unmittelbar beobachten lassen und die keiner

verschiedenen Beurtheilung unterliegen können. Als solche Unterscheidungsmerkmale empfehlen sich in Kettengebirgen erfahrungsgemäss die Streichrichtungen der Klüfte im Verhältniss zu den Ketten oder Falten selbst, sodann die Neigung derselben. Wir können ganz gut Längs- und Querbrüche von einander trennen, des weiteren die Neigung der Kluft geradeso angeben wie diejenige der Schichten; dahingegen dürfen nur diejenigen Verwerfungen als Ueberschiebungen, Verschiebungen und Sprünge bezeichnet werden, welche als solche mit Sicherheit erkannt worden sind, für alle anderen sind allgemeinere Bezeichnungen zu wählen, welche nicht mehr aussagen, als gewusst wird.

So zweifelhaft man also auch oft über die speciellere Classificirung der Verwerfungen bleiben mag, so gibt uns dies doch niemals das Recht, dieselben ganz zu ignoriren. Geologische Specialkarten, welche sich dessen schuldig machen, müssen in demselben Maasse als fehlerhaft und ungenügend bezeichnet werden, wie solche, welche etwa ein ganzes Formationsglied übersehen und ausgelassen haben. Dies gilt ebensowohl von dem praktischen Standpunkt des Bergmannes oder Technikers aus, der irgend eine Lagerstätte ausnützen und deren genaue Lagerung aus der Karte kennen lernen will, als auch von dem des rein theoretischen Geologen, der einen Einblick in die Vorgänge zu gewinnen sucht, welche die heutige Orographie und die Tektonik der Gebirge erzeugt haben.

Nachträge und Berichtigungen.

---

1. Einen Vortrag, den ich während des internationalen Geologen-Congresses zu Zürich am 30. August über die methodische Erforschung der Ueberschiebungen hielt, schloss ich mit den Worten: „Eine einzige, richtig erkannte, n e u e Thatsache vernichtet leicht ein ganzes Bündel schöner Theorien. Darum hat nach meiner Meinung die methodische Erforschung der Ueberschiebungen zunächst noch immer die Hauptaufgabe, Thatsachen zu sammeln und festzustellen." Eine ausgezeichnete Bestätigung hat für mich dieser Satz alsbald gefunden durch eine sehr wichtige Arbeit von Dr. Leo Cremer über die Ueberschiebungen des westphälischen Steinkohlengebirges (in „Glück auf", Berg- und Hüttenmännische Zeitung in Essen, 1894, Nr. 62—65), von der ich bei meiner Rückkehr nach Hause durch die Güte des Verfassers einen Separat-Abzug vorfand. Aus dieser Arbeit geht hervor, dass der fortschreitende Bergbau eine Thatsache von grösster Bedeutung kennen gelehrt hat. Die grossen Ueberschiebungen im dortigen Kohlengebirge haben nicht ebene Schubflächen. Letztere sind, wenigstens in mehreren Fällen, stark wellig, nach Art von Sätteln und Mulden gebogen und zeigen also eine ähnliche Ausbildung, wie sie in Belgien und Nordfrankreich, in der Provence und in Schottland beschrieben worden ist. Cremer ist der Meinung, dass hierdurch die theoretischen Erklärungen Köhler's und Runge's gänzlich hinfällig geworden sind — ein Ergebniss, das mit den Schlussfolgerungen, zu denen ich im Abschnitt VII gekommen bin, in vollem Einklang steht. Zugleich versucht der Verfasser eine neue Erklärung für die veränderten Thatsachen zu geben. Er nimmt an, dass die Ueberschiebungen älter als die Faltungen, also später durch letztere selbst mitgefaltet worden seien. Diese Annahme scheint mir indessen doch vielleicht etwas weiter zu gehen, als die Thatsachen verlangen. Allerdings zwingt die wellige Form der Schubflächen die Vermuthung einer späteren Faltung förmlich auf, aber sie lässt uns, einst-

weilen wenigstens, über den Zeitraum, in dem sie eintrat, völlig im Unklaren. Dahingegen wissen wir, dass der Boden Deutschlands nach Entstehung des rheinischen Schiefergebirges, zu dem ja auch die westphälischen Kohlenmulden gehören, noch vielfach Hebungen, Senkungen und Faltungen erfahren hat, durch die die Schichten der Trias, des Jura und der Kreide aufgerichtet und in Falten gelegt worden sind. Sollten diese Veränderungen nun wirklich, wie man nach den älteren Schilderungen Runge's anzunehmen fast genöthigt war, das Gebiet des rheinischen Schiefergebirges ganz unberührt gelassen haben? Das ist sehr unwahrscheinlich und wir möchten deshalb die jetzigen Unregelmässigkeiten jener Schubflächen lieber auf Kosten nachpermischer als auf solche der vorpermischen Faltungen setzen. Hierin bestärkt uns auch das theoretische Bedenken, dass flache Ueberschiebungen in Tafelländern bisher ganz unbekannt geblieben sind. Ich möchte also folgende Aufeinanderfolge annehmen: 1. Faltung des rheinisch-westphälischen Kettengebirges am Ende der Carbonzeit. 2. Als Folge derselben und letzte Aeusserung dieser Gebirgsbildung treten grosse flache Ueberschiebungen auf. 3. In nachpermischer Zeit treten untergeordnetere Faltungen und Dislocationen ein, die sowohl die älteren Falten als auch die mehr oder minder ebenen Schubflächen vielfach umgestalten.

Freilich sehe ich in dieser Annahme nur eine Vermuthung, die mir nach Analogie der ähnlichen Verhältnisse in mehreren Gegenden wahrscheinlich erscheint, die aber für Westphalen erst einer wirklichen Begründung ebenso sehr bedarf wie die Annahme Cremer's, von dessen weiteren Studien auch hierüber Aufklärung zu erwarten ist.

2. Nach Drucklegung dieser Arbeit ist mir auch von Bailey Willis ein Abzug seiner „Mechanics of Appalachians structure“, die im 13. Annual Report des Directors der amerikanischen geologischen Survey veröffentlicht sind, freundlichst zugeschickt worden. Diese Arbeit stützt sich auf eine genaue Kenntniss des gesammten Gebirgszuges, sowie eingehende experimentelle Untersuchungen, und wird von zahlreichen Abbildungen vortrefflich illustrirt. Der Verfasser stellt die Hypothese auf, dass die Faltungen und Ueberschiebungen in den Appalachians dreierlei Ursachen haben: Sedimentation, isostatische Anpassung und Contraction. Die Faltung ging sehr langsam und durch grosse Zeitraume hindurch vor sich. In Folge dessen wirkte gleichzeitig die Erosion abtragend auf die Firste der sich hebenden Gebirgssättel und unterbrach dadurch den Zusammen-

hang des „competenten Lagers", welches den horizontalen Druck fortpflanzte und die Gesammtheit der Schichten zu Mulden senkte und zu Sätteln aufrichtete. Durch diese Unterbrechung aber wurde die regelmässige Faltung gestört und das „competente" Lager von den Muldentiefen her in Folge des horizontal wirkenden Druckes über die Erosionsoberfläche herübergeschoben. Es erklärt sich also Willis die Entstehung der Ueberschiebungen in den Appalachians in ähnlicher Weise, wie dies Mühlberg (S. 82) für einige Ueberschiebungen im Jura versucht hat.

3. Auf Figur 70 und 84 der Einlagen VII und VIII sind die Namen Cornet und Gosselet versehentlich als Cornel und Zonelet gedruckt worden.

Bei Figur 82 und 83 der Einlage VIII fehlt die Angabe „nach Olry".

Figuren-Verzeichniss.

Fig. 58. Querprofil durch die Sutan-Ueberschiebung auf Zeche Heinrich bei Ueberruhr, nach Runge. 1 : 22,000.

Fig. 59—60 (Einlage VI). Zwei Querschnitte durch das Ruhrkohlenbecken. 1 : 75,000.

Fig. 61 (Einlage VI). Längsschnitt durch das Ruhrkohlenbecken in der Bochum-Dortmunder Mulde. 1 : 75,000.

Fig. 62. Profil durch die Zeche Eintracht Tiefbau bei Steele. 1 : 11,000.

Fig. 63. Profil durch die Zeche Zollverein bei Katernberg. Südliche Ueberschiebung im Nordflügel und nördliche Ueberschiebung im Südflügel eines Sattels. 1 : 11,000.

Fig. 64. Profil durch die Zeche Julia bei Bankau. Flache nördliche Ueberschiebung, die aus dem Südflügel in den Nordflügel einer Mulde herübergreift. 1 : 11,000.

Fig. 65. Profil durch die Zeche Centrum bei Wattenscheid. Nördliche und südliche Ueberschiebung im selben Faltenflügel. 1 : 11,000.

Fig. 66. Profil durch die Zeche ver. Schürbank und Charlottenburg bei Aplerbeck. Nördliche Ueberschiebung im Nordflügel und südliche Ueberschiebung im Südflügel einer Mulde. 1 : 11,000.

Fig. 67. Modell einer Querverschiebung, durch welche gefaltete Schichten auf geneigter Bruchfläche in horizontaler Richtung so verschoben sind, dass gleichzeitig ältere auf jüngere und jüngere auf ältere Schichten zu ruhen kommen.

Fig. 68. Flötzverschiebung auf Zeche Westhausen bei Dortmund. Copie nach Köhler 1884 und 1886.

Fig. 69. Verschiebung des Flötzes 6 der Zeche Julius Philipp bei Bochum. Copien des Grundrisses nach Köhler 1886 und 1884, sowie des Profiles 1884.

Fig. 70 (Einlage VII). Querschnitt durch das Kohlenbecken von Mons, 10 km westlich von Mons, nach Briart, Cornet und Gosselet. 1 : 50,000.

Fig. 71 (Einlage VII). Querschnitt durch das Lütticher Kohlenbecken nach van Scherpenzeel-Thim. 1 : 50,000.

Fig. 72 (Einlage VII). Querschnitt durch das Worm-Kohlenbecken nach R. Lepsius. 1 : 50,000.

Fig. 73. Ueberschiebung von Aiglemont bei Charleville an der Maas (Départ. Ardennes) nach Gosselet. 1 : 160,000.

Fig. 74. Aufeinanderfolge der tektonischen Vorgänge, welche seit der Carbonzeit stattgefunden und den Bau des belgisch-französischen Kohlenbeckens erzeugt haben. Nach Olry (Briart & Cornet). I. Phase: Lagerung der Schichten zu Ende der Carbonzeit. II. Phase: Faltung. III. Phase: Entstehung der faille de Boussu und Absinken der nördlichen Gebirgsscholle. IV. Phase: Entstehung des Cran de retour und Absinken der südlichen Gebirgsscholle. V. Phase: Entstehung der grande faille du midi und Ueberschiebung des hangenden Gebirgstheiles über den liegenden in nördlicher Richtung. VI. Phase: Heutiger Zustand nach Abtragung der oberen Gebirgstheile durch Erosion.

Fig. 75. Aufeinanderfolge der tektonischen Vorgänge im Sinne Gosselet's. I. Phase wie bei Fig. 74. II. Phase: Normale Sattelbildung. III. Phase: Ueberkippung des Sattels nach Norden und Zerreissung längs der

Flächen der grande faille du midi, der faille limite und des Cran de retour. IV. Phase: Auf der faille du midi und der f. limite erfolgt Ueberschiebung, auf dem Cran de retour Senkung des Hangenden. Nach erfolgter Erosion führt dies zum heutigen Zustand.

Fig. 99. Profil bei Cascade Trough, südlich von Banff. Nach Mc. Connell. 1 : 19,000.

Fig. 100. Ueberschiebungen und Sprünge in überkippten Falten. Darstellung der verschiedenen Contactverhältnisse, welche durch Längsverwerfungen auf zu den Axenebenen der Falten parallel liegenden Bruchflächen hervorgebracht werden können. Nach H. D. Rogers.

Fig. 101 (Einlage X). Querschnitt durch die südlichen Appalachians in Alabama und Georgia nach C. W. Hayes. 1 : 375,000.

Fig. 102 (Einlage X). Querschnitt durch die Ueberschiebung am Taylor Ridge 40 engl. Meilen nördlicher als Querschnitt Fig. 101. Nach C. W. Hayes. 1 : 50,000.

Fig. 103 (Einlage X). Querschnitt durch das Hoosatonic Thal (Salisbury, Connecticut) nach Wm. H. Hobbs. 1 : 28,000.

Fig. 104 (Einlage X). Querschnitt durch die östliche Hälfte der Rocky Mountains längs der Canadian Pacific Railway nach Mc. Connell. 1 : 19,000.

Fig. 105. Druckexperiment Daubrée's, verkleinerte Copie seiner Figur auf Taf. 2 der Géologie experimentale.

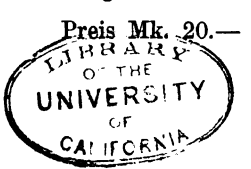
Fig. 106. Schematische Darstellung einer Mulde, deren Kern auf vertikalen Längsbrüchen gehoben ist.

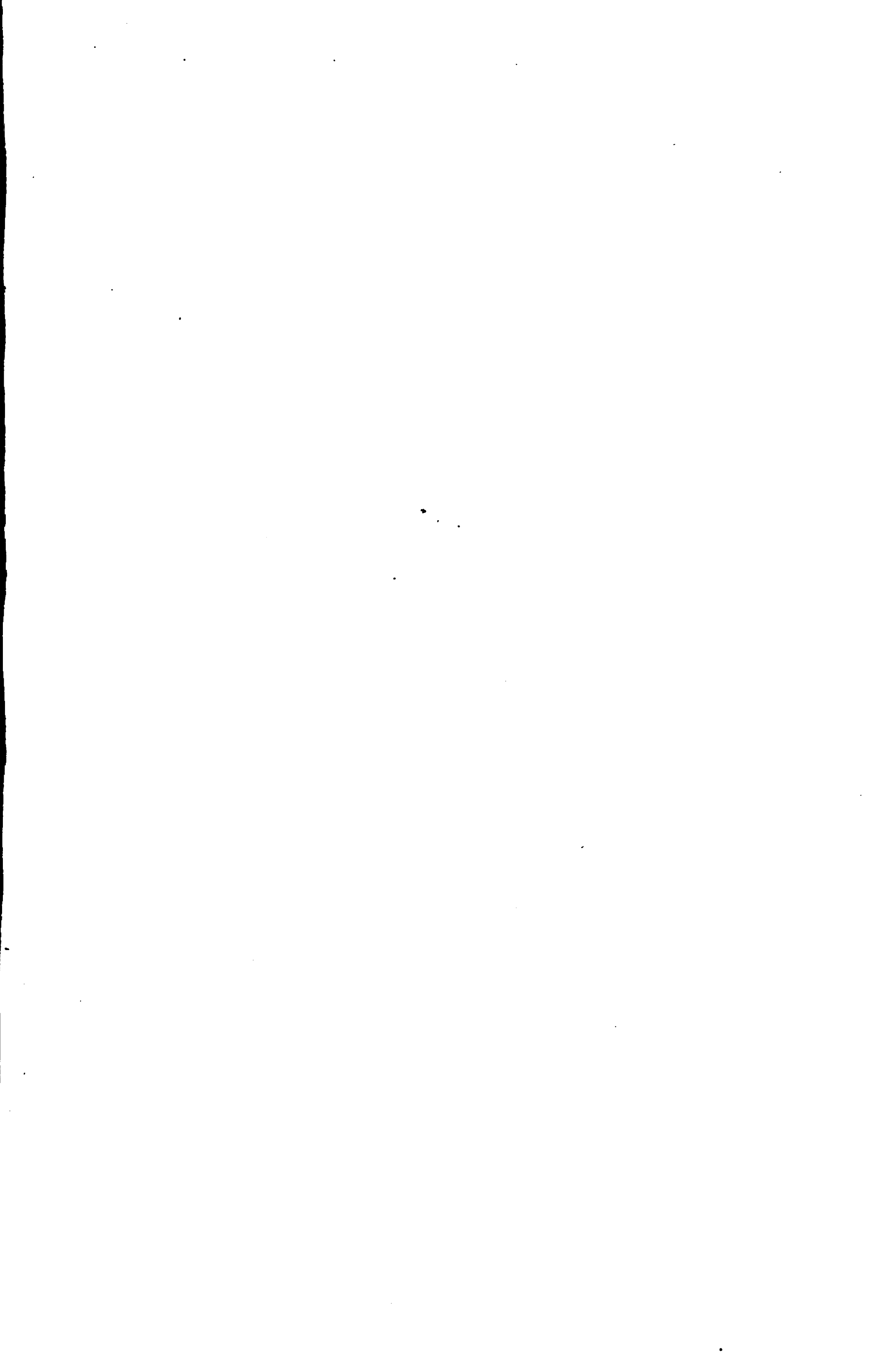
Fig. 107. Schematische Darstellung eines Sattels, dessen First auf Längsbrüchen eingesunken ist.

Register.

Die Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.




LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA




QE 601
R6
156708

